



agricultures
tropicales en poche

Le bananier plantain

Enjeux socio-économiques
et techniques

Moïse Kwa et Ludovic Temple,
coordinateurs



Quæ
CTA
Presses
agronomiques
de Gembloux

Agricultures tropicales en poche
Directeur de la collection
Philippe Lhoste

Le bananier plantain

**Enjeux socio-économiques et techniques,
expériences en Afrique intertropicale**

Moïse Kwa et Ludovic Temple, coordinateurs

Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux

À propos du CTA

Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) est une institution internationale conjointe des États du groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) et de l'Union européenne (UE). La mission du CTA est de faire avancer la sécurité alimentaire, la résilience et la croissance économique inclusive en Afrique, dans les Caraïbes et dans le Pacifique par le biais d'innovations dans l'agriculture durable. Le CTA opère dans le cadre de l'Accord de Cotonou et est financé par l'UE. Pour plus d'information sur le CTA, consultez www.cta.int.



CTA, Postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas
www.cta.int

Éditions Quæ, RD 10, 78026 Versailles Cedex, France
www.quae.com – www.quae-open.com

Presses agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés, 2,
B-5030 Gembloux, Belgique
www.pressesagro.be

© Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux 2019

Quæ

PAG

ISBN papier : 978-2-7592-2679-5

ISBN papier : 978-2-87016-158-6

ISBN pdf : 978-2-7592-2680-1

ISBN pdf : 978-2-87016-162-3

ISBN ePub : 978-2-7592-2681-8

ISBN ePub : 978-2-87016-161-6

CTA

ISBN : 978-92-9081-653-9

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation des éditeurs ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.



Table des matières

Avant-propos	5
Remerciements	7
Introduction	9
1. Importance des bananiers et des plantains	13
<i>Moïse Kwa et Ludovic Temple</i>	
Enjeux économiques et sociaux	13
Répartition et importance des zones de production de plantains dans le monde	13
Principaux pays producteurs de plantains dans le monde	13
Importance des différentes zones de production de plantains en Afrique ..	15
Le bananier plantain au sein de systèmes complexes de culture	16
2. La filière de la banane plantain : du marché aux usages alimentaires	19
<i>Ludovic Temple et Moïse Kwa</i>	
Typologie des agents de la commercialisation	19
Une typologie des marchés physiques de pleins vents	23
Les circuits de commercialisation du producteur au consommateur	24
Chaînes de création et de répartition de la valeur	28
Coordonnations stratégiques dans la commercialisation	28
L'analyse des fluctuations de prix sur les marchés	31
Les stratégies de commercialisation	34
L'émergence des marchés internationaux du frais	35
Les marchés de la transformation agro-alimentaire	37
Autres potentialités de valorisation des sous-produits	39
Contributions nutritionnelles des plantains	40
3. La plante et son milieu	43
<i>Moïse Kwa</i>	
Origines des bananiers	43
Classification des bananiers	44
Données botaniques du bananier plantain	49
Les besoins agronomiques du bananier plantain	63
La notion de cycle du bananier	66
4. Innovations dans les systèmes de culture et de production	79
<i>Moïse Kwa et Ludovic Temple</i>	
Systèmes de culture	79
Innovations pilotées par les systèmes de cultures	92
Innovations dans les systèmes de production	97



5. Les techniques de multiplication du matériel végétal	103
<i>Moïse Kwa</i>	
Technique de multiplication au champ : la fausse décapitation	104
Techniques horticoles de multiplication <i>in vivo</i> :	
plants issus de fragments de tige	105
6. La lutte contre les parasites du système racinaire et de la souche	121
<i>Roger Fogain et Moïse Kwa</i>	
Les nématodes : impacts et contrôle	121
Le charançon noir du bananier	129
7. Lutte contre les maladies des feuilles et des fruits	139
<i>Alassa Mouliom-Pefoura, Catherine Abadie-Fournier, Moïse Kwa</i>	
Identification et description des symptômes des cercosporioses	139
Maladies des fruits : identification et description des symptômes	147
8. Création et gestion technique d'une bananeraie	151
<i>Moïse Kwa</i>	
Le choix du terrain et de la densité de plantation	152
La préparation du terrain	154
La préparation du matériel végétal et la plantation	157
9. Gestion de la fertilité du sol et de la nutrition du bananier plantain	159
<i>Moïse Kwa</i>	
Les indicateurs de la fertilité d'un sol	159
Importance et rôle des principaux éléments fertilisants nécessaires au plantain	160
Nutrition du bananier et gestion de la fertilité	161
Incidence des pratiques culturales et du parasitisme sur la fertilisation et sa reconstitution	162
10. Usages et calculs des coûts de production pour innover	169
<i>Ludovic Temple</i>	
Usages des coûts de production pour innover	169
Protocole de calcul des coûts de production	170
Le calcul intégré des coûts de production dans le cas d'une exploitation de plantain exportatrice	174
Glossaire	177
Bibliographie	180



Avant-propos

La collection «Agricultures tropicales en Poche» (AtP) est gérée par un consortium comprenant le CTA de Wageningen (Pays-Bas), les Presses agronomiques de Gembloux (Belgique) et les éditions Quæ (France). Cette collection comprend trois séries d'ouvrages pratiques consacrés aux productions animales, aux productions végétales et aux questions transversales.

Ces guides pratiques sont destinés avant tout aux producteurs, aux techniciens, aux conseillers agricoles et aux acteurs des filières agro-alimentaires. En raison de leur caractère synthétique et actualisé, ils se révèlent être également d'utiles sources d'informations pour les chercheurs, les cadres des services techniques, les étudiants de l'enseignement supérieur et les agents des programmes de développement rural.

Ce livre présente, de façon synthétique et pratique, l'état des connaissances sur le bananier plantain, depuis la plante, son milieu et ses pratiques culturelles jusqu'à ses diverses utilisations et le fonctionnement des filières du plantain.

Le bananier plantain est une culture vivrière importante dans la zone tropicale humide, particulièrement en Afrique subsaharienne. Contrairement à la banane dessert, cette banane à cuire qu'est le plantain n'a pas fait l'objet d'autant de travaux de recherche et d'expérimentation et elle est encore assez peu commercialisée dans les marchés internationaux. Cette culture, conduite le plus souvent en agriculture familiale, présente souvent d'assez faibles rendements par rapport à la terre et au travail. Cette production vivrière familiale est en effet peu encadrée techniquement et bénéficie peu d'innovations scientifiques et techniques.

Cela confirme l'intérêt majeur de cet ouvrage qui présente l'état des connaissances et des innovations techniques disponibles sur cette culture. Il valorise l'expérience approfondie des deux auteurs principaux, notamment de leur diagnostic de terrain auprès des producteurs, agriculteurs familiaux pour la plupart. La démarche des auteurs consiste à proposer, avec les producteurs et les acteurs de cette filière, une co-construction de propositions d'innovations techniques, issues des travaux de recherche récents et adaptées au contexte de cette production en milieu villageois.



Le bananier plantain est le plus souvent intégré dans des systèmes complexes pluri-espèces en agriculture paysanne. La synthèse des recommandations et des innovations techniques possibles est donc plus complexe à réaliser que pour des productions en monoculture intensive dont les itinéraires techniques sont plus simples, plus étudiés et mieux encadrés. En relevant ce défi, les auteurs permettent, avec cet ouvrage, de combler un manque d'informations sur une production dont le potentiel est élevé et qui est importante dans les régimes alimentaires des populations de certaines régions chaudes.

Cet ouvrage clair, concis et bien illustré constitue en effet une synthèse actualisée des connaissances et des améliorations possibles de la culture du bananier plantain. Les nombreuses photos du cahier couleur illustrent tous les chapitres de l'ouvrage. Il a été coordonné et rédigé par Moïse Kwa (agronome au Carbab, Cameroun), spécialiste de cette culture et Ludovic Temple (économiste au Cirad), avec des contributions spécifiques de Roger Fogain (entomologiste, Carbab), de Alassa Mouliom Pefoura (directeur scientifique du Prasac) et de Catherine Abadie-Fournier (chercheure au Cirad en biologie des champignons pathogènes).

Philippe Lhoste

Directeur de la collection Agricultures tropicales en poche



Remerciements

Nous remercions les relecteurs qui sont intervenus selon leur spécialité : Vincent Freycon (Cirad, spécialiste des sols en milieu forestier), Olivier Guibert (Cirad, spécialiste en physico-chimie, de l'unité mixte de recherche Qualisud), Ki Jacobsen (université de Gand, spécialiste en nématologie), André Lassoudière (retraité Cirad, spécialiste en agronomie sur la banane), Éric Penot (Cirad, agroéconomiste), ainsi que des collègues experts qui ont relu certains chapitres.

Nous remercions également Philippe Lhoste, directeur de la collection *Agricultures tropicales en poche*, pour son accompagnement pendant la rédaction, ainsi que Éléonore Beckers des Presses agronomiques de Gembloux et Claire Jourdan-Ruf des Éditions Quæ pour l'édition et la réalisation finale de l'ouvrage.



Introduction

Les bananes plantains, consommées sous plusieurs formes, sont des productions centrales de l'alimentation des populations des régions intertropicales. Selon les pays, dans les zones rurales, le plantain occupe entre la première et la quatrième place en termes d'importance alimentaire. À la différence de la banane dessert qui fait l'objet d'un commerce mondial bien organisé, le plantain est peu présent sur les marchés internationaux.

En raison des potentialités d'amélioration des performances agronomiques et des enjeux de sécurité alimentaire en Afrique, la culture du plantain suscite l'intérêt croissant des pouvoirs publics, de la recherche agronomique et des entreprises du secteur agroalimentaire. Cet engouement est aussi renforcé par l'inventaire des nombreux usages existants et potentiels dans la transformation artisanale et industrielle. Ainsi les politiques publiques en Afrique subsaharienne et en Amérique latine intègrent désormais des programmes nationaux de soutien à cette production. Elles manquent cependant de référentiels techniques actualisés.

La banane plantain est essentiellement produite au sein d'exploitations familiales agricoles, avec des systèmes de production souvent extensifs du point de vue de l'usage d'intrants chimiques ou de la mécanisation, dans des systèmes de culture complexes. L'amélioration durable des performances productives de ces systèmes impose d'innover. La notion de durabilité renvoie à la prise en compte d'impacts sur les ressources écologiques (biodiversité, fertilité, déforestation,...) et sur les conditions sociales des modes de production basés principalement sur l'agriculture familiale. L'innovation en agriculture fait référence à l'utilisation par les agriculteurs de connaissances scientifiques, de techniques, de nouveautés (intrants, variétés) souvent produites par la recherche agronomique.

Cet ouvrage est orienté dans une optique d'intensification agro-écologique des systèmes de production. L'enjeu est de contribuer à la sécurité alimentaire des pays producteurs de banane plantain, en améliorant les performances, la résilience et la durabilité des systèmes de culture.

Ce contenu est issu des résultats d'expériences d'accompagnement des agriculteurs sur le terrain. Ces contenus ont été assemblés pour fournir aux utilisateurs (communauté d'agriculteurs, enseignants, conseillers techniques) une mise en cohérence des connaissances,



des informations et des pratiques mobilisables. L'ouvrage met à disposition des connaissances, des pratiques de recherche et des techniques nouvelles pour expérimenter et co-construire, avec les acteurs des filières, des innovations qui répondent aux conditions socio-économiques de production, de commercialisation et d'utilisation du plantain. Ces conditions sont majoritairement celles d'agriculteurs familiaux avec des superficies cultivées par exploitation souvent inférieures à cinq hectares. L'organisation et la gestion de l'exploitation établissent un lien étroit entre la sphère domestique et celle de la production. Ces exploitations dépendent principalement de la mobilisation du travail familial impliquant fortement les femmes. Les systèmes techniques agricoles mis en œuvre sont issus de savoirs, de connaissances et d'expériences structurées par les besoins de gérer à long terme les écosystèmes naturels, lieux de vie des populations concernées. Ces exploitations ont peu accès au crédit. Elles utilisent peu d'intrants chimiques. Leur sécurité alimentaire dépend pour partie de leur propre production autoconsommée. Ces conditions socio-économiques de production du plantain étant différentes des modes de production agro-industriels des bananes dessert, leurs besoins de changements techniques le sont aussi.

Ce guide met en valeur l'expérience acquise depuis une vingtaine d'années par des chercheurs du Sud et du Nord dans le cadre de différents projets de recherche-développement conduits dans les sous-régions d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Ces projets sont soutenus par plusieurs institutions dont principalement le Centre africain de recherche sur la banane plantain (Carbap) au sein duquel se mobilisent les centres nationaux de recherche agronomique (CNRA) du Cameroun, du Gabon, et de Côte d'Ivoire, et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad). Il valorise les acquis de différents projets soutenus par l'Union européenne (FED), des projets « Pôles de Développement rural au Cameroun » financés par l'Union européenne, le ministère français de la Recherche scientifique et de l'Innovation (Fonds de recherche base compétitive, FRBC), la coopération française, le Coraf (Conseil Ouest et Centre africain pour la recherche et le développement agricoles - WECARD), les fondations d'entreprises principalement au Cameroun et en Afrique centrale. Ces projets ont eu pour point commun de documenter et d'accompagner les processus d'innovation par des mises en expérimentation collectives et par des conditions d'appropriation et d'expérimentation de changements techniques.



Cet ouvrage est destiné en priorité à tous les agents de la filière engagés dans des activités de production et commercialisation de plantain. Il s'adresse aussi aux enseignants dans les lycées et écoles techniques agricoles. Il documente enfin des bases d'informations technico-économiques mobilisables par des personnes engagées dans l'élaboration des politiques et des projets de recherche et d'innovation en agriculture.

Notre souhait est que les connaissances de ce livre favorisent des changements techniques. Ces évolutions feront progresser la culture du plantain en particulier dans les pays africains, notamment sa production et la gamme des produits transformés à base de plantain en zone tropicale.



1. Importance des bananiers et des plantains

Enjeux économiques et sociaux

Les bananes constituent une culture vivrière de grande importance alimentaire et économique en zones tropicale et intertropicale humides forestières. Considérée au sens large (bananes et plantains), la banane est la troisième culture fruitière tropicale en tonnages (FAO, 2010). Environ 85 % de la production est auto-consommée et/ou vendue localement dans différents pays en Afrique, en Amérique latine et en Asie. Les utilisations alimentaires à base de bananes ou de plantains sont assez variées suivant les régions, mais peu de produits transformés sont disponibles sur les marchés.

Les plantains seraient d'origine asiatique comme les autres bananes. Leur culture s'est développée plus tard dans différents continents. Les plantains sont majoritairement produits dans la zone intertropicale en Afrique de l'Ouest et du Centre, en Afrique de l'Est, et en Amérique centrale et du Sud.

La production mondiale de plantain est estimée à près de 30,5 millions de tonnes (Mt). Elle a peu varié au cours des quinze dernières années entre 28,05 Mt et 32,61 Mt. Au moins 52 pays et îles (dont 18 pays africains) sont concernés par cette production (tableau 1.1).

Répartition et importance des zones de production de plantains dans le monde

L'Afrique, l'Amérique du Sud, les Antilles et les îles de l'Atlantique concentrent 96 % de la production mondiale de plantains (figure 1.1).

Principaux pays producteurs de plantains dans le monde

Huit pays (six en Afrique et deux en Amérique du Sud) produisent plus d'un million de tonnes de plantains/an (tableau 1.1). Ils concentrent environ 78 % de la production mondiale.

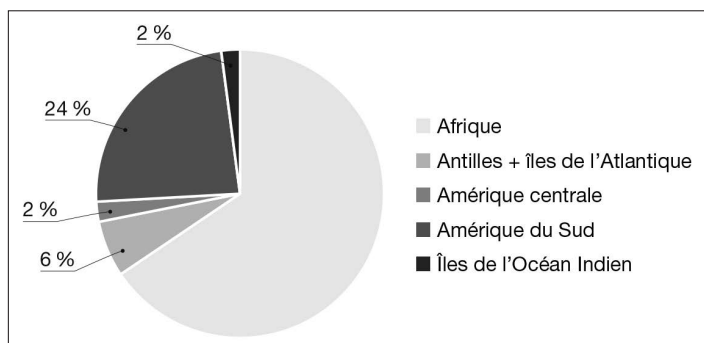


Figure 1.1.

Répartition et importance des zones de production des plantains dans le monde en 2014. (FAOSTAT, 2016)

Tableau 1.1. Évolution de la production des plus grands pays producteurs de plantains dans le monde de l'année 2000 à l'année 2014. (FAOSTAT, 2016)

Pays	Production annuelle (millions de tonnes)					Taux accroissement (%) en 2014 par rapport à l'année 2000
	Année 2000	Année 2004	Année 2008	Année 2012	Année 2014	
Production mondiale	27,20	29,14	31,47	28,07	29,49	+8,4
Cameroun	1,16	1,32	2,50	3,57	3,88	+233,6
Colombie	2,83	3,07	3,38	3,20	3,47	+22,7
Côte d'Ivoire	1,63	1,52	1,68	1,58	1,62	-0,4
Ghana	1,93	2,38	3,34	3,56	3,79	+95,9
Nigeria	1,97	2,42	2,73	2,98	3,04	+54,4
Ouganda	9,43	9,69	9,37	4,50	4,58	-51,4
Pérou	1,44	1,66	1,79	2,08	2,13	+47,1
République démocratique du Congo	1,18	1,20	1,21	1,13	1,12	-5,2
Total grands pays producteurs	21,57	23,26	25,99	22,60	23,62	+9,5
% de la production mondiale	79,3	79,8	82,6	80,5	80,1	1,0

Au cours des deux dernières décennies, le taux d'accroissement des productions a augmenté de manière significative dans certains pays : Cameroun, Ghana, Nigeria, Pérou et Colombie (tableau 1.1).



Bien que l'on ne puisse pas faire une corrélation, ces pays pour la plupart ont bénéficié d'introduction de nouvelles techniques de production de matériel végétal de masse (notamment, la technique des plants issus de fragments de tige). L'obtention du matériel de plantation est en effet une contrainte majeure dans le cas d'une production à multiplication végétative. La mise au point de ces techniques et leur diffusion au cours de formations ont débuté au Cameroun avant les années 2000, puis elles ont été relayées par différents projets locaux et régionaux sous l'égide du Carhap au Ghana, au Nigeria, à Haïti, en Nouvelle Calédonie, en Côte d'Ivoire, au Bénin, au Togo, au Gabon, en République centrafricaine (RCA), en République démocratique du Congo (RDC), au Congo et plus récemment en Colombie et au Pérou.

Importance des différentes zones de production de plantains en Afrique

La production africaine est estimée à 20,8 millions de tonnes, soit 68 % de la production mondiale (figure 1.2).

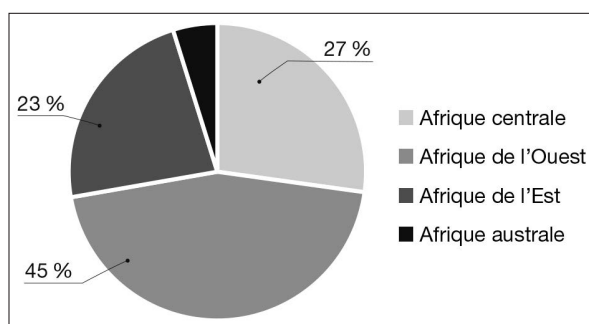


Figure 1.2.
Importance relative des zones de production africaine.
(FAOSTAT, 2016)

En 2014, l'Afrique de l'Ouest et du Centre a contribué à environ 72 % de la production africaine et à près de 48 % de la production mondiale (tableau 1.2 et figure 1.3).

La production connaît des fluctuations saisonnières importantes consécutives aux aléas climatiques, au mélange variétal dans les exploitations, – toutes les variétés n'ayant pas le même potentiel –, à des plantations non groupées aux périodes les plus favorables, à un



manque de fertilisation, à l'absence de contrôle des bioagresseurs (charançons, nématodes, champignons, bactéries, etc.) et à la faible technicité des producteurs.

Tableau 1.2. Évolution des contributions de l'Afrique de l'Ouest et du Centre aux productions africaine et mondiale de 2000 à 2014. (FAOSTAT, 2016)

Année	2000	2003	2006	2009	2012	2014
Production cumulée en Afrique de l'Ouest et du Centre (millions de tonnes)	8,9	9,6	11,6	12,8	13,9	14,5
% de la production africaine	46,4	47,5	53,8	54,9	71,7	72,3
% de la production mondiale	31,9	32,1	37,3	39,2	47,7	47,4

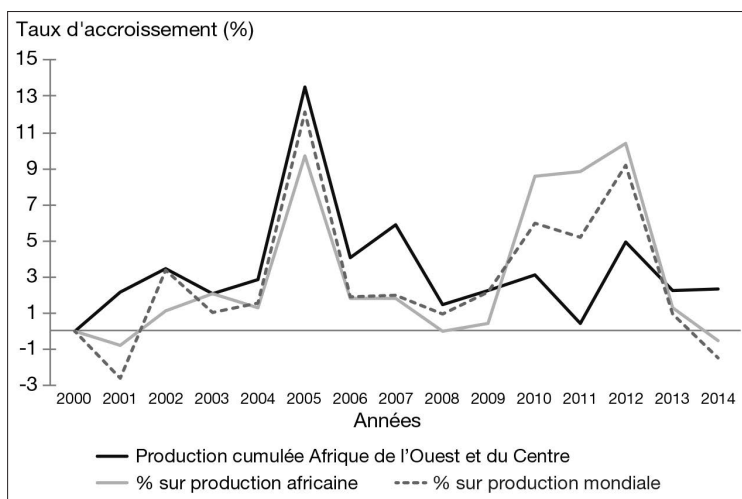


Figure 1.3. Évolution du taux de croissance annuel de la production en Afrique de l'Ouest et du Centre, par rapport à la production globale africaine et à la production mondiale. (FAOSTAT, 2016)

Le bananier plantain au sein de systèmes complexes de culture

Plusieurs millions d'exploitations cultivent des plantains en association avec d'autres productions vivrières : macabo, taro, manioc, patates, légumes et légumineuses, notamment. L'augmentation de la production



n'est pas proportionnelle à la croissance démographique et on observe globalement une diminution de la disponibilité par habitant dans le monde (excepté dans quelques pays). Par exemple, au Cameroun, depuis les années 2000, la disponibilité par tête a augmenté de 85 kg/an *per capita* en 2005 à plus de 160 kg/an en 2014.

Dans les exploitations agricoles, le plantain contribue à la sécurité alimentaire à la fois par l'autoconsommation alimentaire et par les revenus monétaires qu'il génère. Le plantain est une culture de diversification dans les zones de production de rente comme le cacao ou le café. Il est cultivé principalement dans de petites structures de production et dans des associations de cultures diverses qui varient selon les régions. Les agriculteurs privilégient des techniques qui minimisent l'usage d'intrants phytosanitaires chimiques. L'intensification pour accroître la production avec une gestion durable des ressources de l'écosystème implique des capacités à mobiliser les connaissances de la recherche scientifique (encadré 1.1).

Encadré 1.1 - Le bananier plantain dans la recherche agronomique

Comparé à d'autres productions alimentaires telles que la banane dessert (souvent destinée à l'export), le maïs, l'arachide ou le riz, le plantain a peu bénéficié d'investissements dans les politiques de recherche et d'innovation jusque dans les années 2000, les programmes de recherche existants étant restés focalisés sur l'amélioration génétique, en particulier la collecte et la description de la diversité existante. En relation avec la croissance forte des marchés urbains, les investissements dans cette production ont augmenté ensuite dans les politiques agricoles et de recherche, principalement avec le soutien de bailleurs de fonds comme l'Union européenne et d'investissements publics nationaux, bien qu'ils restent bien en deçà de ceux dédiés à la banane dessert.



2. La filière de la banane plantain : du marché aux usages alimentaires

La notion de filière rend compte de la décomposition des activités qui forment la valeur ajoutée d'un produit. La succession des acteurs qui accompagne cette décomposition implique d'analyser les relations entre clients, fournisseurs et transformateurs. Nous proposons pour cela une typologie en trois circuits principaux, la plupart des exemples étant inspirés de situations africaines (Cameroun, Côte d'Ivoire,...) qui ont fait l'objet d'études plus fournies pendant trois décennies.

Les filières locales approvisionnent des marchés urbains ou ruraux en circuit court, c'est-à-dire mobilisant un intermédiaire entre le producteur et le consommateur.

Les filières régionales concernent l'ensemble des flux et les acteurs qui approvisionnent les marchés urbains de grandes villes au niveau d'une région à l'intérieur du pays ou entre pays d'un même continent.

Les filières internationales approvisionnent principalement les marchés d'Europe et d'Amérique du Nord et, dans une moindre mesure, ceux de la péninsule Arabique et du Moyen-Orient.

Dans une filière, des organisations coordonnent les agents. Elles sont plus ou moins formalisées : coopératives, réseaux, organisations professionnelles, ou informelles. Ainsi par exemple, les « assos » en Afrique sont des formes d'accords qui fidélisent les relations entre les détaillants et un réseau de consommateurs.

Typologie des agents de la commercialisation

Une première différenciation des agents porte sur les notions de commerçants ou de courtiers. Un courtier est un agent indépendant chargé par son client de rechercher des contractants potentiels, de préparer et de faciliter la conclusion de contrats avec ces derniers. Il perçoit une rémunération dite « courtage » déterminée dans le contrat. Un commerçant achète et vend la marchandise, il peut être grossiste ou détaillant, les noms qui le qualifient étant différents selon les pays.



Photo 2.1.

Transport des plantains en taxi. © M. Kwa

▮ Les collecteurs

En Afrique, les collecteurs approvisionnent les marchés de production régionaux hebdomadaires dans les zones rurales. Les transactions par semaine dépassent rarement les 20 à 40 régimes. Ces collecteurs sont en grande majorité des courtiers qui ne sont pas propriétaires de la marchandise. De manière marginale, ce sont des collectrices vendeuses qui ont tantôt une fonction de grossistes (vente aux autres grossistes) ou de détaillantes (vente aux consommateurs).

▮ Les grossistes

Ce sont les acteurs principaux du marché. Le grossiste achète en gros (lots de régimes) pour vendre en lots ou en régimes à des détaillants.

Afin de planifier les approvisionnements, ils prévoient leurs passages dans les bassins de production. La collecte se fait en deux temps. Le grossiste fait un premier passage de deux à quatre jours chez les planteurs, planifie les achats et fixe les prix. Pour les petits planteurs,



le lot moyen est de 5 à 10 régimes, pour les gros planteurs entre 60 et 80 régimes. Ensuite, il donne rendez-vous à un transporteur et vient chercher les régimes aux endroits convenus. Certains grossistes sont également des producteurs dans leur zone de collecte, d'autres sont des expéditeurs au sein du marché interrégional.

Les grossistes détaillants s'approvisionnent uniquement sur les marchés de production auprès des petits producteurs ou de collecteurs. L'approvisionnement dure une journée, la vente de trois à quatre jours. Ils deviennent aussi «détaillants» pour la vente aux consommateurs; la vente se fait alors à «la main» de plantain ou au «tas de doigts». Ces grossistes assurent en priorité l'approvisionnement local à partir des zones localisées à proximité des marchés urbains.

▮ Les détaillants et les détaillantes

Les détaillantes (et détaillants) s'approvisionnent sur les marchés de gros ou parfois directement auprès des producteurs pour vendre directement aux consommateurs. Dans les zones anglophones du Cameroun on les appelle des *Bayam Selam* (*Buy and sell*) : elles sont acheteuses au champ du producteur ou au marché de production, et vendeuses au détail dans les marchés urbains. Cette fonction est en général assurée par des femmes en situation précaire (veuves, mères célibataires, etc.). La commercialisation des produits vivriers est la principale activité économique qui leur permet de sécuriser l'accès à une ressource alimentaire. L'imbrication entre les activités domestiques d'approvisionnement alimentaire du ménage et les activités commerciales explique une forte concurrence dans cette activité. Ainsi certain(e)s détaillant(e)s peuvent travailler à perte.

▮ Les transporteurs

Le transport constitue un «goulot d'étranglement» pour la commercialisation pendant la période des pluies – en raison du caractère presque impraticable des voies secondaires qui mènent aux champs en production – et de novembre à décembre dans les zones cacaoyères, quand les camions sont mobilisés pour le transport du cacao après la récolte. Les véhicules vont du pick-up d'une contenance de 1 à 2 tonnes (t) aux camions de 5, 7 ou 12t. Le coût du transport est proportionnel à la durée d'immobilisation du véhicule, à l'état des routes (risque d'enlèvement), enfin au tonnage du véhicule.



Photo 2.2.

Transport de bananes et plantains en pick-up au Gabon. © M. Kwa

▮ Les manutentionnaires

Les manutentionnaires sont souvent des jeunes non scolarisés employés pour le chargement et le classement des régimes. Leur rémunération prend la forme d'un prélèvement de deux à trois doigts par régime transporté. Chaque manutentionnaire constitue un tas de doigts dont la revente forme son « bénéfice ». Le prélèvement des doigts les plus mûrs ralentit la maturation globale des régimes et facilite leur emboîtement lors du chargement. En effet lorsqu'un régime possède des doigts mûrs (virage au jaune), le prélèvement de ces doigts en priorité par les manutentionnaires permet d'éviter un mûrissement très rapide de l'ensemble du régime suite à l'émission de l'éthylène par les doigts jaunes.

C'est au cours de cette période que le manutentionnaire, futur grossiste, apprend à remplir un camion.

▮ Le consommateur

Les consommateurs, de par leurs demandes spécifiques de différentes qualités en relation avec des usages alimentaires du plantain, mais également en fonction de leur pouvoir d'achat et de leur localisation, structurent les tendances d'évolution des marchés sur des produits frais encore faiblement transformés (Dury *et al.*, 2002).



Une typologie des marchés physiques de pleins vents

Les marchés de « pleins vents » sont des lieux ou des espaces d'échange où se réalisent les transactions commerciales entre acteurs des filières.

▮ Les marchés de production

Ils ont lieu toutes les semaines dans certains villages, dans des lieux (ouverts ou couverts) désignés avec les chefs de village et les autorités communales. Ces marchés de production sont localisés en des lieux précis et sur une période de temps limitée (cinq à six heures) et fréquentés surtout par les grossistes collecteurs.

Les planteurs appellent aussi « jour de marché », le jour où ils attendent les acheteurs. La transaction s'effectue à proximité du champ ou bien devant la maison, sur les lieux de stockage et de concentration. Les multiples petites « places de marché » à proximité du lieu de production sont aussi des marchés de production. Le terme « marché de production » qualifie le fait que le volume dominant des échanges se réalise entre des producteurs (vendeurs) et des commerçants (acheteurs); il correspond à la zone de première mise en marché du plantain.



Photo 2.3.

Plantains récoltés en champ paysan. © M. Kwa



II Les marchés de consommation

Les marchés de consommation de gros et de détail sont localisés dans les capitales régionales. Les marchés de gros sont les lieux d'approvisionnement des détaillants qui approvisionnent les marchés de détail des quartiers plus riches. Les filières de distribution s'organisent en aval des « marchés de gros de consommation ». Dans les marchés de consommation de détail, l'acheteur a un objectif direct de consommation. En zone rurale, les vendeurs sont des producteurs ; en zone urbaine, les vendeurs sont des détaillants qui s'approvisionnent sur des marchés de gros et de détail. En effet, en zone urbaine, il y a plusieurs niveaux de détail : la vente au régime, la vente en mains et la vente en tas de doigts. Un détaillant peut donc se ravitailler en régime dans un marché de détail pour revendre en mains ou tas de doigts.

La fonction dominante de chaque marché évolue selon les périodes de pénurie ou d'abondance. Tous les marchés de plantain sont polyvalents car on y commercialise aussi des racines et des tubercules : manioc, macabo, igname, etc. Ce sont donc souvent des marchés « vivriers » dont la spécialisation dominante sur un produit vivrier dépend des saisons. Les acteurs de ces marchés cherchent à valoriser les synergies économiques et techniques entre ces produits vivriers. Ainsi, par exemple, le plantain, produit frais, résiste mal à l'écrasement dans les gros camions en raison des chocs liés au mauvais état des pistes. Pour réduire ces chocs, les techniques de chargement placent au centre du camion des sacs de tubercules, puis entassent les régimes de plantains autour et au-dessus pour mettre au-dessus les bananes dessert mûres. Des coordinations ont lieu entre les commerçants de plantain et des tubercules pour affréter et assurer le bon remplissage des camions.

Les circuits de commercialisation du producteur au consommateur

La filière peut se définir comme la succession d'intermédiaires et de localisations des marchés par lesquels transitent des flux de biens, d'argent et d'informations, entre le producteur et le consommateur final (figures 2.1, 2.2, 2.3).

Ce flux comporte cinq étapes :

- du producteur aux marchés de production et aux zones de collecte. Ces marchés et ces zones de collecte représentent « les marchés primaires » ;



- des marchés primaires aux marchés de gros à la production ;
- des marchés de gros à la production aux marchés de gros à la consommation ;
- des marchés de gros vers les marchés de détail ;
- des marchés de détail aux consommateurs.

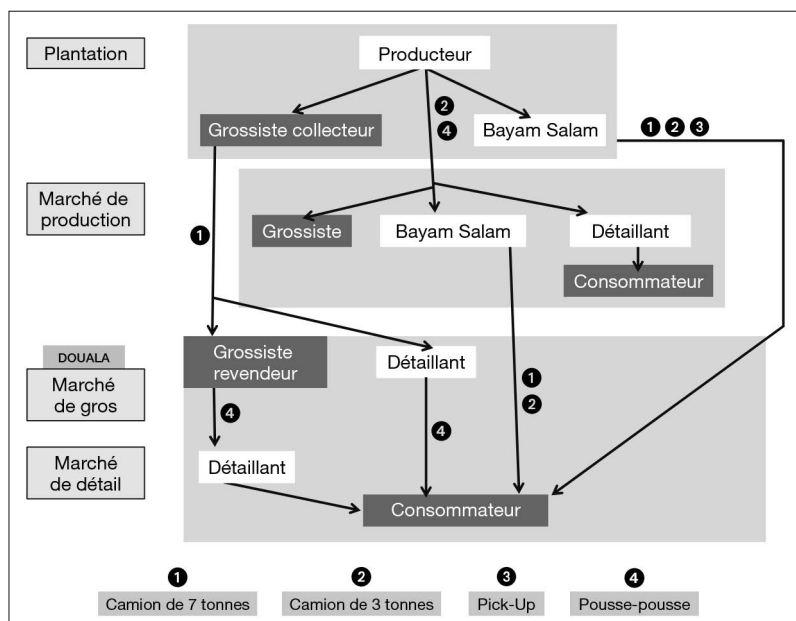


Figure 2.1.

Typologie des circuits de commercialisation au Cameroun.

Le circuit court comprend des transactions marchandes directes entre producteurs et consommateurs ou incluant au maximum un intermédiaire. Ce circuit approvisionne principalement les villes secondaires et draine le surplus (de proximité) des zones périurbaines proches. Il se développe souvent pour approvisionner des consommateurs sur des qualités spécifiques (origines du produit, qualité sanitaire).

Le circuit intermédiaire fait intervenir plus d'un intermédiaire entre le producteur et le consommateur. Il approvisionne des marchés de gros et de détail pour approvisionner des villes à l'intérieur d'un même pays. Les grossistes collecteurs achètent sur les marchés de collecte. Ils passent avec certains producteurs des contrats pour payer à crédit la production sur pied. En aval, ces grossistes disposent d'un réseau de détaillants fidélisés auxquels ils vendent à crédit.



Le circuit long fait intervenir aussi plus d'un intermédiaire entre le producteur et le consommateur. Il approvisionne des échanges internationaux entre les pays de la sous-région ou des échanges intercontinentaux. Il régularise souvent l'approvisionnement de marchés en mettant en complémentarité le décalage saisonnier de l'offre entre des zones de production situées dans des écologies différentes.

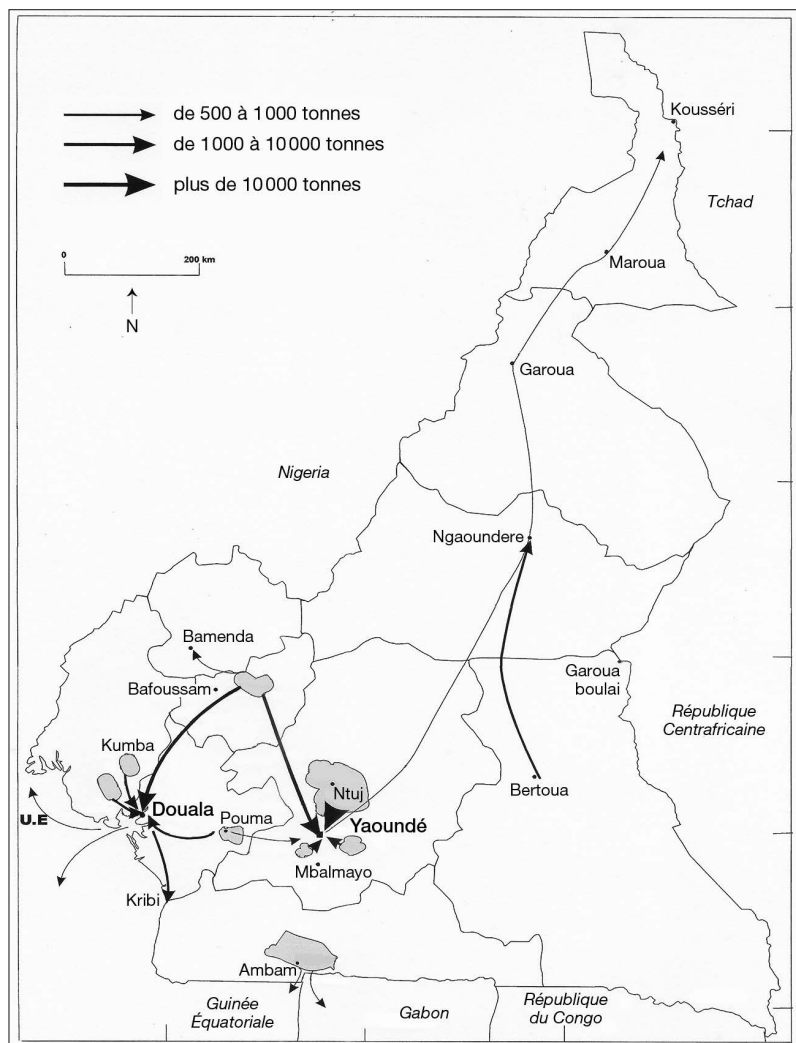


Figure 2.2.
Bassins de production et flux au Cameroun.



Le circuit distributif des échanges non marchands (réciprocité, dons, ...). Il existe au niveau des organisations communautaires formées par la famille élargie, ayant des références socio-culturelles et territoriales communes.

Au sein de ces différents circuits, les transactions (marchandes, contractuelles) ou dons par lesquels se matérialisent les échanges de plantains sont différents selon le type de circuit ou bien selon le lieu de transaction dans un circuit donné. Les acteurs et les marchés peuvent être polyvalents dans leurs fonctions (grossistes, semi-grossistes, détaillants) au gré de la conjoncture. Les différents circuits sont principalement interconnectés entre eux par les marchés de consommation de gros qui constituent les lieux dominants de la gouvernance des filières et de la formation des prix (qualifiés dans la littérature en économie de « prix directeur »).

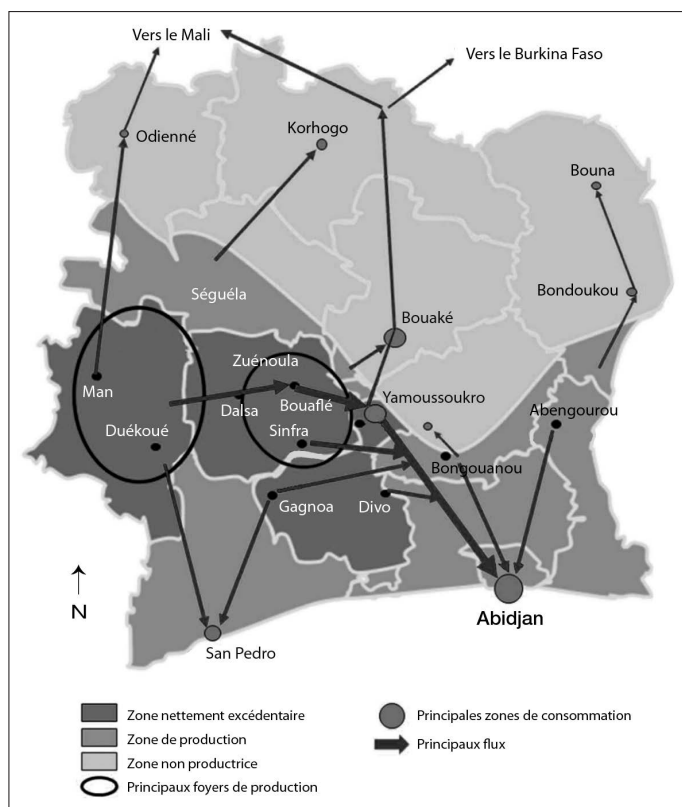


Figure 2.3.

Circuits de commercialisation en Côte d'Ivoire. (Source : Perrin, 2015)



Chaînes de création et de répartition de la valeur

La notion de chaîne de valeur focalise l'analyse d'une filière non sur les mécanismes de coordination technique de production et de transfert du produit au consommateur, mais sur les activités, les stratégies d'actions et les coordinations logistiques qui génèrent et répartissent la valeur ajoutée entre les agents.

La chaîne de valeur est un outil de l'analyse de filière pour évaluer sa performance économique par la mesure de la valeur ajoutée et par l'étude de sa répartition entre les acteurs dans différents circuits de commercialisation. Les lieux ou les fonctions où se concentre la création de valeur sont l'objet d'une forte compétition entre les agents. Dans le cas du plantain comme celui des produits frais, ces fonctions sont liées en priorité à la logistique. La logistique sous-entend l'ensemble des activités qui coordonnent dans le temps et l'espace des flux de produits physiques, d'informations et de financement des transactions. La faiblesse (ou la précarité) des structures de stockage et de conservation des plantains dans la plupart des pays concernés fragilise la capacité de régulation des approvisionnements par les pouvoirs publics. Elle explique potentiellement la forte instabilité des prix sur les marchés de vivriers périssables par rapport aux produits alimentaires des marchés internationaux (Meuriot *et al.*, 2011).

Coordinations stratégiques dans la commercialisation

Dans des contextes d'incertitude forte liée aux aléas climatiques, mais aussi de très forte instabilité du prix des produits vivriers en Afrique, la fidélisation des approvisionnements des grossistes, qui jouent un rôle clé dans l'approvisionnement des grands marchés urbains ou dans les flux interrégionaux, est au centre des objectifs stratégiques. Elle est gouvernée par des financements à crédit des achats de plantains par des conventions d'achat (ou contrats oraux) à « double prix » auprès des producteurs.

Par exemple, le jour « J » étant celui de la transaction, un premier prix d'un lot donné est fixé entre un vendeur (producteur) et un acheteur en bord de champ à la date J-2. L'acheteur paie à l'avance un tiers de la production qui lui est réservée à la date J-1. Il paie un deuxième



Filière longue

Consommateurs	Prix FCFA/kg	Acteurs	Coûts et marge FCFA/kg	Volume
Zone de production 	Bord-champ : 10-25	Producteurs	Coût de production : 5-10	8-15 t/ha
	Prix de détail : 25-100	↓		
	Pré-collecte : 1,25-1,43	Pisteur, pré-collecteur	Marge : 1,25-1,43	35-80 t/semaine
	Collecte : 5-18	↓		
	Expédition en gros : 8-15	Collecteur	Frais : 10-17 Marge : 1,25-1,43	
Entrée plate-forme d'Abidjan 	Prix de gros : 30-50	↓		
	Revente en demi-gros : 5-20	Grossiste	Frais : 8-12 Marge : 0-7	
	Revente en petit demi-gros : 25-43	Grossiste plateforme d'Abidjan	Frais : 1,7-2,5 Marge : 3-17	8-40 t/semaine
	Revente au détail : 20-50	↓		
	Prix de détail : 90-150	Demi-grossiste	Frais : 4,5 Marge : 20-33	2-8 t/semaine
Restauratrice 		Transformateur	Frais : 0-10	
		Détaillante	Frais : 0-10 Marge : 15-45	0,5-1 t/semaine

Filière grossiste-collecteur

Consommateurs	Prix FCFA/kg	Acteurs	Coûts et marge FCFA/kg	Volume
Zone de production 	Bord-champ : 10-25	Producteurs	Coût de production : 5-10	8-15 t/ha
	Prix de détail : 25-100	↓		
	Collecte et expédition : 20-30	Collecteur et grossiste sont associés et le pisteur est rémunéré à la commission	Frais : 13-28 Marge : 0-7	35-80 t/semaine
	Prix de gros : 30-50	↓		
	Revente en demi-gros : 5-20	Grossiste plateforme d'Abidjan	Frais : 2 Marge : 3-17	8-40 t/semaine
Entrée plate-forme d'Abidjan 	Revente en petit demi-gros : 5-20	↓		
	Revente au détail : 20-50	Demi-grossiste	Frais : 4,5 Marge : 20-33	2-8 t/semaine
	Prix de détail : 90-150	Transformateur	Frais : 0-10	
		↓		
		Détaillante	Frais : 0-10 Marge : 15-45	0,5-1 t/semaine
Restauratrice 				

Figure 2.4.

Évolution du prix entre le producteur et le consommateur. Exemples d'un circuit commercial en Côte d'Ivoire en 2015 : filière longue ; filière « grossiste-collecteur ». (D'après Perrin, 2015)



tiers de la valeur du lot le jour J où se réalise la transaction de transfert du produit entre le vendeur et l'acheteur. Si le prix de vente sur les marchés de consommation ne lui permet pas de faire du bénéfice voire, dans le pire des cas, de reconstituer son fond de roulement, il renégocie à la baisse le prix initial du lot fixé au jour J-2 au moment du passage suivant J+1. Le producteur, dans le contexte de non-accès au système bancaire qui caractérise les agricultures familiales des pays en développement, est soumis à des contraintes de trésorerie régulières, qui limitent sa capacité de négociation sur les prix. En aval, les grossistes livrent très fréquemment la production à crédit aux détaillants revendeurs. Ces activités de détaillants revendeurs exigent peu de capital et sont en général assurées par des femmes qui mêlent activités commerciales et activités domestiques d'approvisionnement en produits vivriers de leur ménage. Les faibles marges qui sont dégagées de leurs activités commerciales sont immédiatement utilisées dans les dépenses courantes du ménage. La capacité des détaillantes à accéder à la fonction de grossiste impose de mobiliser des crédits pour investir dans un fond de roulement suffisant.

Encadré 2.1 - Exemple : la chaîne de valeur d'approvisionnement en plantain d'Abidjan (CFSI, 2015)

Différents exemples observés et documentés dans certains pays référencent des situations concrètes de calcul et d'analyse des mécanismes de répartition de la valeur. Dans le cas de la filière étudiée qui approvisionne Abidjan, la régulation des flux est contrainte par le nombre élevé d'agents et les difficultés de coordination entre eux. Ainsi, en période de forte production – souvent entre les mois de novembre et février –, le dépassement des tonnages de livraisons prévus par les commandes crée des surabondances ponctuelles d'offres, des pertes et des chutes drastiques des prix (Perrin, 2015).

D'après les études des chaînes de valeurs, on dispose d'une décomposition du prix par kilogramme payé par le consommateur à chaque étape de la filière entre les coûts et la marge. Le plus souvent, la marge brute est retenue comme indicateur de marge, c'est-à-dire la différence entre le chiffre d'affaires et les coûts variables. Cette décomposition est utile pour cibler les activités dans la filière où se concentre la formation de la valeur. Il faut aussi être prudent dans leur interprétation. Ainsi, par exemple, les marges des détaillants (par kilogramme) sont les plus élevées (figure 2.4) mais cela n'indique pas que ce sont les détaillants qui sont les acteurs les mieux rémunérés de la filière. En effet, il faut ramener cette marge par kilogramme au volume d'activité mensuel de chaque acteur et déduire parfois les coûts fixes liés à l'activité pour calculer le revenu de l'activité d'un opérateur donné.



La maîtrise des sources d'approvisionnement (régimes de plantain, lots de régimes,...) est au centre des conditions de réussite des activités de commercialisation en gros – qu'elles soient conduites par des grossistes professionnels, des détaillants qui tentent de devenir grossistes ou des groupements de producteurs. Le principal risque économique est d'affréter un moyen de transport et de ne pas collecter suffisamment de régimes, donc d'avoir un coût de commercialisation par kilogramme transporté plus élevé que celui des concurrents.

La concurrence entre acheteurs, dont le nombre augmente dans les zones d'approvisionnement proches des villes sur des marchés dits de « pleins vents » (grossistes, détaillants de proximité, producteurs en circuits courts) se traduit par des prix plus élevés que dans les zones rurales et celles des transactions directes.

Dans les zones rurales plus éloignées ou parfois qualifiées de « fronts pionniers » (zones d'extension des plantations cacaoyères où la production de plantains est abondante) l'organisation (calendrier, localisation) des marchés physiques de pleins vents peut parfois être complexe. Par exemple, les grossistes se coordonnent ainsi entre eux et avec d'autres agents (collectivités territoriales, producteurs,...) pour établir des calendriers des jours de collecte. Cependant, dans ces calendriers, le jour de la collecte peut être déplacé d'une zone à l'autre entre le lundi et le vendredi d'une même semaine. Les producteurs et collecteurs informés de ce déplacement (qui peut varier d'une année à l'autre) peuvent définir le jour de récolte des régimes, périodiser le passage des acheteurs et constituer des lots de régimes homogènes en termes de maturité.

L'analyse des fluctuations de prix sur les marchés

Le suivi du prix des produits vivriers, dont le plantain, rencontre plusieurs difficultés méthodologiques qui induisent une incertitude sur la qualité des informations disponibles.

▮ Des prix formés par la diversité et l'instabilité des unités de mesure

La diversité des unités de mesure sur les marchés vivriers (au régime, en mains, parfois par doigt de banane et plus récemment en carton) est une difficulté pour le calcul du prix au kilo. Ces unités (volume,



poids,...) varient en fonction des marchés, des variétés, des acteurs ou du type de transaction, ou enfin des périodes. Cette diversité des unités est au cœur des ajustements entre l'offre et la demande et de la flexibilité de ces ajustements. Historiquement, on peut d'ailleurs rappeler que l'homogénéisation des unités de mesure des échanges a été la condition d'existence et du développement des échanges marchands.

Variation des unités en fonction des marchés

La fonction dominante des marchés (gros, demi gros, détails) détermine une relation entre le choix d'une unité et le type de transaction au sein d'une filière. Ainsi, l'unité du « régime » pour la banane plantain se réfère le plus souvent à une transaction entre un grossiste et un détaillant ; l'unité du « tas de doigts » concerne plutôt une transaction entre un détaillant et un consommateur. Un régime est composé de doigts consommables et d'une hampe (10 % du poids total) sans valeur marchande, un « tas de doigts » n'a que des fruits.

Variation des unités en fonction des accords entre acheteurs et vendeurs

L'unité « tas » n'est pas homogène : il existe des petits, moyens et gros tas. On parle, par exemple, du tas de 100, de 200 et de 300 FCFA. Le prix de ces tas varie au long de l'année dans la plupart des pays africains producteurs de plantains de 100 FCFA à 500 FCFA en fonction du nombre de doigts, de leur grosseur, de la variété et de la qualité des doigts (frais, « fatigués », mûrs, verts). Dans certains pays, comme le Tchad, les tas se vendent entre 500 FCFA et 1 500 FCFA en fonction des zones.

Variation des unités en fonction de la qualité et de la saisonnalité

En relation avec la variabilité de l'unité de mesure, la qualité a une incidence forte sur l'instabilité des prix. Si le prix de l'unité « tas » est différent selon la catégorie (petit, moyen, gros), cela ne correspond pas toujours à une question de poids mais à une différenciation qualitative. Le « petit tas » peut avoir le même poids que le « moyen tas » mais il est fréquemment constitué de bananes mûres voir abimées. Cette composition qualitative du tas n'est pas stable. Ainsi par exemple, au Cameroun, on constate une dégradation qualitative du plantain en avril et en mai, lorsque le marché est approvisionné par du plantain dit « tornadé » (tombé avant maturité) peu apprécié par les consommateurs.



Variation des prix en fonction des organisations socio-économiques

Les relations entre vendeurs et acheteurs font intervenir la confiance qui peut structurer des réseaux comme les « assos », qui sont des réseaux entre des détaillants et des consommateurs au sein desquels les relations marchandes sont fidélisées par des conventions sur des pratiques commerciales. Ainsi par exemple, les prix auxquels se réalisent les transactions sont différents des prix de marché car interviennent des services réciproques. Dans certains cas également, le marchandage porte sur la pratique du « cadeau » au moment de la réalisation de la transaction.

■ Tendances, saisonnalité, cycles et instabilité des prix

La fixation des prix au cours d'une transaction ne dépend pas uniquement des informations dont disposent les co-contractants sur les différents prix dans la filière, mais aussi de leurs connaissances sur les anticipations qu'ils font. Ces connaissances reposent sur des apprentissages « par la pratique ». En effet, une série chronologique ou temporelle des prix peut être annuelle, quinquennale, décennale ou séculaire. Elle comporte plusieurs types d'informations qui sont mises en évidence dans la décomposition des fluctuations liées respectivement à la tendance, à la saisonnalité, au cycle et à l'instabilité.

La tendance séculaire (*trend*) décrit un mouvement de long terme qui est induit par des changements de structure des marchés ou des changements technologiques. Son étude peut être faite en fonction de trois objectifs :

- élaborer un descriptif d'une tendance passée pour comparer des produits ;
- faire des prévisions sur le futur ;
- éliminer le *trend* pour mesurer la saisonnalité ou l'instabilité.

Les variations saisonnières sont des fluctuations régulières à l'intérieur d'une même année. Elles peuvent être liées à des variations climatiques ou à des événements périodiques : fêtes religieuses, nationales. L'étude de la composante saisonnière peut remplir les objectifs principaux suivants :

- faire de la prévision d'une année sur l'autre ;
- mettre en complémentarité les bassins de production par rapport à un marché ;
- éliminer la composante saisonnière pour calculer les cycles.



Les cycles sont des fluctuations irrégulières de hausse et de baisse des prix qui s'observent sur des périodes de plusieurs années : cinq à dix ans pour les cycles courts, plus de dix ans pour les cycles longs.

L'instabilité renvoie aux fluctuations de prix qui ne peuvent être estimées par des causes connues. Ces instabilités s'accroissent par exemple avec les aléas climatiques ou les erreurs de mesure.

Les stratégies de commercialisation

▮ Choisir où vendre son produit

L'action de vente impose en premier le choix d'un lieu : au bord du champ, au lieu de groupage, à l'exploitation, au marché rural ou urbain. Ce choix dépend de la quantité à écouler, de la trésorerie disponible, de la présence d'un transporteur ou d'un moyen de transport, de la connaissance du marché destinataire, des relations avec les acheteurs, de la distance, des infrastructures. La vente sur les marchés de production concentre les volumes de vente du plantain ; elle met en transparence les conditions de confrontation de l'offre à la demande. Ces marchés font circuler l'information sur les prix et sur les conditions de réalisation des transactions. Ils permettent aux producteurs de s'entendre sur des prix de vente minimum et de « choisir » l'acheteur sachant que plusieurs acheteurs peuvent se présenter, ce qui n'est pas (ou moins) le cas quand ils vendent au bord du champ ou de l'exploitation.

▮ Les composantes de la transaction commerciale

Les composantes sont dans le cas du plantain :

- les quantités faisant l'objet de la transaction ;
- la qualité comprenant l'état sanitaire (pas malade), la variété, le mode de production, l'état physiologique (maturité), la grosseur des doigts, la taille du régime ;
- le mode de paiement, comptant ou à crédit ;
- l'accessibilité de la zone de collecte ;
- la régularité des transactions entre deux contractants (périodicité, fréquence) ;
- la réciprocité des relations entre les contractants de l'échange ;
- la confiance comme, par exemple, l'appartenance aux mêmes identités territoriales ou familiales.



L'activité de commercialisation est un métier. Elle mobilise un savoir-faire, une expérience, des réseaux et des aptitudes spécifiques : le contact avec les gens, la capacité à raisonner la qualité d'un lot, à organiser un chargement selon sa composition, à investir, et la gestion du risque.

De nombreux producteurs qui constatent naïvement un différentiel de prix de vente de leurs plantains sur les marchés de production et sur les marchés de consommation s'organisent pour vendre en commun. La faible maîtrise de ce métier explique parfois leurs échecs. Ainsi par exemple, la Fédération des agriculteurs du Nyong et M'foumou au Cameroun a tenté d'organiser des ventes collectives directes sur les marchés de Yaoundé. Cette action collective n'a pas atteint les objectifs escomptés, mais elle a permis de mettre en évidence les principales difficultés des producteurs à maîtriser des transactions commerciales sur les points suivants (Oyono *et al.*, 2003) :

- la sous-estimation des coûts de commercialisation et d'accès aux marchés de consommation. En effet, les conditions d'accès aux places de marchés dans les villes sont gérées par des taxes et des coordinations entre les municipalités et les commerçants urbains que les producteurs connaissent mal ;
- la difficulté de stabiliser des compétences commerciales au sein de l'organisation des producteurs. Les producteurs qui acquièrent des capacités de commercialisation collectives sont confrontés au dilemme de comparer ce qu'ils perçoivent dans l'action collective et ce qu'ils pourraient percevoir en s'installant eux-mêmes comme commerçants.

L'étude d'une chaîne de valeur permet d'identifier les maillons où se concentrent les marges sur la valeur ajoutée. Sur ces maillons, certains acteurs constituent des rentes. En cas de situations de rente, la fluctuation des prix de marché ne résulte plus d'un mécanisme d'ajustement de l'offre à la demande ; la compétitivité de la filière est alors mise en cause.

L'émergence des marchés internationaux du frais

La production mondiale est dominée par l'Afrique, mais les échanges internationaux (environ 685 000 tonnes en 2013) se font majoritairement entre l'Amérique latine et les États-Unis ; ce pays absorbe plus de la moitié de la production mondiale mise en marché.



Considérant les volumes moyens annuels sur deux années récentes (2013 et 2014), les principaux fournisseurs de plantain sur le marché mondial classés par ordre décroissant sont : l'Équateur (213 000 t/an), le Guatemala (168 000 t/an), la République dominicaine (118 000 t/an), la Colombie (108 000 t/an), le Nicaragua (33 000 t/an). D'importantes fluctuations qui sont significatives peuvent toutefois être observées suivant les années sur les volumes de plantains mis en marché par chaque pays et leur contribution à la sécurité alimentaire. En 2013, le marché a traité 685 000 t environ de plantains et en 2014, 590 000 t, soit globalement 14 % en moins. Par rapport à 2013, la production par pays a connu des accroissements de 7 % en Équateur, de 16 % au Guatemala, de 39 % en République dominicaine et de 60 % en Colombie. Par contre, la République dominicaine a connu une chute très importante, avec une baisse de 88 % de la production. Les aléas climatiques sont très souvent responsables de telles variations.

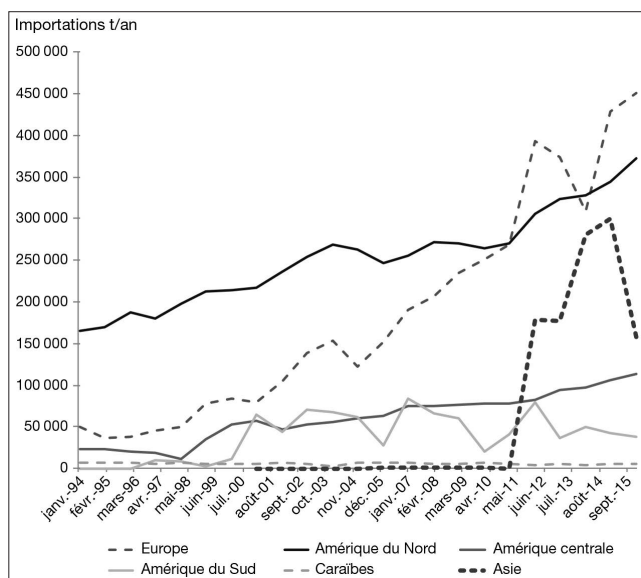


Figure 2.5.

Évolution des importations de plantain de 1990 à 2002. (FAOSTAT, 2016)

Les principaux importateurs sont, par ordre décroissant (figure 2.5) : les États-Unis (plus de 310 000 t en 2014), l'Arabie saoudite, le Proche-Orient. L'Arabie saoudite et le Proche-Orient ont importé 180 000 t en 2013, l'Afrique du Sud 95 000 t en 2013, l'Union européenne 80 000 tonnes en 2014.



Comme le décrit Perrin (2015), «le marché du Moyen-Orient est principalement approvisionné par les pays riverains de l'océan Indien (dans l'ordre : Yémen, Philippines, Mozambique, Sri Lanka, Inde, Bangladesh, Indonésie), mais également par l'Équateur qui s'est fortement spécialisé dans l'exportation de banane plantain». Le Yémen, les Philippines et l'Équateur fournissent entre 80 et 85 % des plantains. Les principaux importateurs de ce marché sont par ordre d'importance décroissant : l'Arabie saoudite (114000t), la Jordanie (26000t), le Qatar (20000t), Bahreïn (10000t).

▮ L'approvisionnement des États-Unis

Les États-Unis constituent le principal marché d'importation des plantains (55 % des importations mondiales en 2002 et 46 % en 2014). Ce pays est le plus grand consommateur parmi les pays occidentaux, avec plus de 300000t importées par an. Du fait de la forte population afro-américaine et latino-américaine, ce marché est en croissance moyenne de 2%/an. Régulé par des barrières douanières et sanitaires importantes, il est peu accessible aux pays africains (Perrin, 2015).

▮ L'approvisionnement du marché européen

Le marché européen connaît une croissance de 10 % par an en moyenne sur la période 2002-2012. Principalement deux fournisseurs assurent 95 % du marché : la Colombie et l'Équateur (Eurostat 2014; Perrin, 2015). Toutefois, on note aussi de très faibles contributions des pays africains (Cameroun, Côte d'Ivoire, Ghana) à des marchés de niches, notamment en France et en Grande-Bretagne.

Les marchés de la transformation agro-alimentaire

▮ L'émergence des marchés de la transformation agro-alimentaire

Plus de 30 millions de tonnes de plantains sont produits chaque année dans le monde, dont 30 % sont autoconsommés par les producteurs. Des 70 % commercialisés, 60 % concernent le commerce national au sein des pays producteurs (populations urbaines, restauration, PME de transformation); 7 % alimentent le commerce régional (sous-régions des pays producteurs) et moins de 3 % le commerce international.



La banane plantain est considérée comme une banane-légume (un féculent) des Antilles, d'Afrique et d'Amérique latine, qui accompagne poissons et volailles et autres ressources amylacées (manioc, banane dessert,...) dans des recettes traditionnelles variées. Le plantain nécessite une opération de cuisson pour être consommé à des stades variés de mûrissage. On associe au plantain cru (vert) un arôme spécifique, une absence de perception sucrée, une texture en bouche granuleuse et/ou ferme suivant le degré de cuisson, mais qui est diversement appréciée par les consommateurs. Dans les pays producteurs, la banane plantain tient une large place dans l'alimentation, notamment dans les ragoûts, les soupes et les galettes frites, elle est associée aux pommes de terre, au manioc, à la patate douce et à la courge. Elle constitue la base du traditionnel *foutou*, le plat national ivoirien. Les restaurateurs ont beaucoup de plats confectionnés à base de plantain. La transformation du plantain par des PME agroalimentaires permet de fabriquer principalement des chips, des frites, un peu de farine et des cossettes.

▮ Une transformation industrielle émergente de la banane plantain

Le développement agro-industriel de la transformation des plantains est embryonnaire. En Amérique latine (Costa Rica, Colombie, Équateur et République dominicaine), quelques usines produisent des plantains surgelés et des chips de qualité pour répondre aux demandes des populations latino-américaines résidant en Amérique du Nord.

Les principaux produits de la transformation actuellement connus sont : chips, aliments pour nourrissons, cossettes, farines à partir de pulpes vertes (farine non sucrée) et de pulpes mûres (farine sucrée), frites standardisées, pulpes mûres séchées, pulpes surgelées. Ils concernent aussi de petites et moyennes entreprises artisanales spécialisées sur des produits de reconstitution pour des mets locaux (*ntouba*, *foutou*, etc.), des crêpes à partir de la farine de plantain, la fabrication du pain, des gâteaux, des beignets et différents produits de boulangerie entièrement ou en partie formulés à partir de la farine de plantain (Ngoh Newilah *et al.*, 2005).

Au Togo, une unité fonctionnelle de transformation à l'échelle industrielle de différents produits agricoles, dont les plantains, produit des farines panifiables de haute qualité. Celles-ci sont utilisées comme matière première dans l'industrie alimentaire pour la production de biscuits, de pâtes alimentaires, de nourriture pour enfants, des produits



pour les *fast-food*, et dans les pâtisseries et les boulangeries, particulièrement pour la fabrication de pain et de gâteaux. La substitution à de la farine de blé est au seuil technique de 10 % dans le pain ; toutefois, certains produits intéressants (beignets, gâteaux, crêpes, etc.) ont aussi été obtenus avec 100 % de farine de plantain. Dans le Pacifique (Philippines) on produit aussi du *ketchup* ou coulis de plantain à partir de la farine de plantain ou d'autres bananes à cuire.

Autres potentialités de valorisation des sous-produits

Différents sous-produits des plantains : peaux, faux-troncs et hampes rachis pourraient faire l'objet de transformations industrielles au regard de leurs potentialités.

Les peaux de plantain peuvent être séchées, puis transformées par des méthodes traditionnelles en un produit local dont l'aspect et les propriétés sont pratiquement identiques à ceux du « sel gemme », un produit alcalisant ayant divers usages sur le plan culinaire. Pour rendre ces procédés plus performants en vue d'un usage industriel à grande échelle, des expérimentations sont menées au sein d'unités locales de transformation au Cameroun. Elles peuvent également être utilisées pour la fabrication de poudres à haute teneur en fibres, pour en extraire les pectines, ou certains composés antioxydants à haute valeur ajoutée, ou être utilisées pour la production de biogaz (Bello Pérez *et al.*, 2012).

Les faux-troncs, les hampes et rachis peuvent être l'objet d'extraction de fibres pour fabriquer des cordes, le cordage des bateaux, des tissus, du papier, des paniers, des cartons d'emballage, des tapis, des matériaux de recouvrement des toitures, etc. Certains bananiers sont plus riches en fibres (*Musa textilis*) que d'autres, et l'exploitation de ces fibres, connues autrefois sous le nom de « chanvre de Manille », a contribué au développement de l'industrie textile. On trouve ainsi de nombreuses formes de valorisation de la partie fibreuse des bananes en Asie et Amérique latine. Les hampes servent à fabriquer un engrais organique utilisable en bananeraie, mais aussi à la fabrication d'isolants thermiques. En Colombie, un lixiviat à base de rachis de plantain est produit et utilisé par épandage au sol ou par aspersion sur la partie foliaire des bananiers pour limiter l'impact de la maladie de Moko ou de la maladie des raies noires.

L'ensemble de ces coproduits (peaux, faux-troncs, hampes, fruits abimés) sont également utilisables après broyage pour produire des



aliments à destination des élevages. Ainsi, par exemple, en Côte d'Ivoire, les usages des sous-produits se développent dans les élevages porcins (Angbo *et al.*, 2017). Des expérimentations similaires ont également eu lieu dans l'ouest du Cameroun.

Fabrication du vin ou de la bière : fermentée, la banane plantain permet de produire de la bière. Le processus est proche de celui suivi pour la fabrication de la bière de banane très répandue en Afrique de l'Est (Rwanda, Burundi, etc.). Ces bières sont parfois localement qualifiées de « vin de banane ».

Les potentialités des usages dans la transformation de différentes parties du bananier plantain sont donc élevées au regard des expérimentations technologiques, mais l'émergence de véritables industries de transformation connaît jusqu'à présent une évolution très lente dans les pays producteurs de plantain.

Contributions nutritionnelles des plantains

La banane plantain contient des éléments énergétiques qui en font une importante ressource énergétique (tableau 2.1). Sa teneur en glucides est très élevée, supérieure à 28 g/100 g de matière fraîche (ou de pulpe crue) ; cette teneur est nettement supérieure à celle de la banane douce (20,5 g) et à celle des fruits frais (9 à 12 g). Les glucides de la banane plantain sont constitués essentiellement d'amidon, d'où la nécessité de cuire cet aliment avant de le consommer.

Avant cuisson, 66 % de l'amidon de la banane plantain résistent à l'amylose pancréatique (l'enzyme de l'organisme capable de scinder la molécule d'amidon en plus petites particules). Après cuisson, la transformation de l'amidon par l'amylose est complète. Par contre, si on attend le refroidissement de la banane plantain, 10 % de l'amidon résistent à l'action de l'amylose. Pour une meilleure digestibilité, il est donc préférable de consommer la banane plantain rapidement après cuisson.

Dans la banane plantain, les glucides fournissent l'essentiel (au moins 95 %) du total énergétique, 119 calories/100 g. Comme dans la plupart des végétaux frais, les protéines sont peu abondantes (1 %), de même que les lipides, qui ne dépassent pas 0,2 %. Après cuisson, on observe une très légère élévation de la teneur en glucides (30 g/100 g), et une petite diminution des taux de protéines et de lipides. Mais globalement, l'apport énergétique reste proche de 120 calories/100 g de



matière fraîche. La banane plantain se situe donc en tête des fruits pour l'apport énergétique (90 calories pour la banane douce), et de la pomme de terre (85 calories).

Tableau 2.1. Valeur nutritive de la banane et du plantain. (D'après la consultation du fichier canadien sur les éléments nutritifs, 2000)

	Banane crue (douce) (donnée pour 100 g)	Banane plantain crue, en tranches (donnée pour 100 g)	Banane plantain cuite, en tranches (donnée pour 100 g)
Calories	87,50	118,75	117,50
Protéines	1,08	1,25	0,75
Glucides	22,50	31,13	31,63
Lipides	0,33	0,38	0,25
Fibres alimentaires	1,75	2,25	2,38

NB : Pour ces différentes catégories (banane crue douce, banane plantain crue, banane plantain cuite) la charge glycémique est « modérée » et le pouvoir anti-oxydant « élevé ».

Les fibres de la banane plantain atteignent 5,8g/100g (un taux plus élevé que dans la plupart des fruits). Elles contribuent à donner une texture assez dense au fruit, et interviennent dans le métabolisme des glucides pour rendre leur assimilation encore plus progressive.

La banane plantain est pourvue en vitamines et en divers minéraux. Pour 100g de plantain, les teneurs¹ de ces éléments sont les suivantes : vitamine A (entre 0,05 mg et 1,1 mg) ; vitamine B1 (0,05 mg) ; vitamine B2 (0,05 mg) ; vitamine B3 (0,7 mg) ; vitamine B5 (0,05 mg) et vitamine C (20 mg). Les plantains à chair bien colorée ou marquée ont des teneurs en provitamine A (carotène) plus fortes (> 0,5 mg). Pour 100g de plantain, les teneurs en éléments minéraux sont : le potassium (350 mg), le phosphore (35 mg), le magnésium (33 mg), le calcium (7 mg), le sodium (5 mg). La banane plantain contient également différents oligo-éléments (fer, 0,50 mg ; zinc, 0,16 mg ; cuivre, 0,10 mg), dont les teneurs sont un peu plus basses que dans la banane douce. La teneur en vitamine C de la banane plantain crue est relativement élevée (20 mg/100 g) mais, après cuisson, elle est réduite de 75 à 80 %. Dans les mêmes conditions de cuisson, les teneurs des vitamines du groupe B sont réduites de 80 % pour les vitamines B1 et B2, et de 57 % pour la vitamine B3.

¹ Les teneurs d'éléments dosés dans les fruits varient aussi en fonction de l'état de maturité du plantain, de l'itinéraire technique et des zones. Ces précisions ne sont pas souvent évoquées dans la littérature, d'où les variations observées suivant les sources.



Le manioc étant aussi un produit de grande consommation dans les zones de production du plantain, les avantages comparatifs des deux produits sont présentés (tableau 2.2). On observe que la valeur alimentaire du plantain est meilleure que celle du manioc autant pour le produit frais (pulpe et racine) que pour les produits transformés.

Tableau 2.2. Comparaison des valeurs alimentaires de la banane plantain (100g de matière fraîche de pulpe) et du manioc (100g de matière sèche de farine). (D'après Tezenas du Montcel, 1985)

Catégorie	Éléments	Banane plantain			Manioc	
		Unité	Pulpe ⁽¹⁾	Farine ⁽²⁾	Frais ⁽¹⁾	Farine ⁽²⁾
Principes énergétiques	Eau	g	62,80	11,90	67,60	10
	Protides	g	1,60	3,99	1,17	1,84
	Lipides	g	0,40	0,60	0,25	0,40
	Glucides	g	34	78,61	28,60	83,40
	Valeur énergétique	Cal	145	336	122	345
Éléments minéraux	Cendres	g	0,80	2,40	0,60	1,90
	Calcium (Ca)	mg	52		35	
	Phosphore (P)	mg	12		45	
	Fer (Fe)	mg	0,21		1,40	
	Ca/P	mg	0,23		1,28	
Vitamines	Thiamine	mg	0,05		0,40	
	Riboflavine	mg	0,06		0,075	
	Niacine	mg	0,61		0,60	
	Acide ascorbique	mg	10		50	

(1) 100 g de matière fraîche de pulpe de banane ou de manioc frais

(2) 100 g de matière sèche de farine



3. La plante et son milieu

Les connaissances recherchées par les producteurs de plantain portent entre autres sur les bananiers eux-mêmes, leur histoire et leurs noms, les caractéristiques des variétés, les modes de culture. Ce chapitre présente les connaissances botaniques et techniques de base dont l'acquisition peut être nécessaire pour innover dans la conduite technique de la culture.

Origines des bananiers

▮ Localisation primaire de domestication et diffusion/dispersion des cultivars

L'origine supposée des bananes comestibles reste incertaine. Cependant, l'hypothèse la plus généralement acceptée suppose qu'à l'origine, les bananiers se trouvaient dans l'espace englobant la péninsule malaisienne, l'Indonésie, les Philippines et la Papouasie Nouvelle-Guinée. La seconde zone de dispersion et de diversification se situerait dans la vaste région indo-asiatique (Simmonds et Shepherd, 1995; Lassoudière, 2007); la dispersion hors de l'Asie se serait faite à travers les migrations humaines. La Polynésie est ainsi devenue un autre centre de diversification secondaire des bananes, notamment les cultivars 'Maia Maoli/Popoulu'; ils sont identifiés comme des hybrides triploïdes AAB et appelés couramment les plantains du Pacifique. Ces plantains seraient venus des Philippines pour être dispersés en Polynésie il y a plus de 4000 ans.

L'Afrique de l'Est, du Centre et de l'Ouest comprend aussi des zones très importantes de domestication secondaire; le Bassin du Congo par exemple en Afrique centrale avec plus de 110 cultivars (AAB) de plantains connus, tandis que beaucoup restent à découvrir. Plus de 60 cultivars de bananes spécifiques (tous des triploïdes AAA) ont été découverts dans les zones d'altitude de l'Afrique de l'Est (Karamura, 1998).

▮ La diffusion en Afrique

La période d'introduction des bananiers plantains en Afrique n'est pas totalement établie. Cependant, les recherches les plus récentes la situent, selon les sources, à au moins 3000 ans avant notre ère. Des auteurs



s'appuyant sur des études linguistico-taxonomiques situent l'introduction des *Musa* après le VI^e siècle de notre ère (Rossel, 1999). Certains autres chercheurs, prenant en compte le grand nombre de «cultivars» africains et des études historico-linguistiques, soutiennent que le genre *Musa* a été introduit en Afrique orientale il y a au moins trois millénaires (De Langhe *et al.*, 1996). Il existe aussi des travaux qui indiquent la présence de plantains en Ouganda 4000 ans avant JC.

Des découvertes archéologiques récentes, effectuées sur le site de Nkang au Sud Cameroun ont mis à jour des phytolithes de bananiers (structures siliceuses fossiles caractéristiques des espèces de plantes) incrustés dans les restes carbonisés d'aliments dans une poterie et dans le sol de comblement d'une fosse (Mbida *et al.*, 2000). La datation de ce matériel remonte pour l'instant au premier millénaire avant notre ère. D'autres études, par contre, signalent la présence des plantains au Cameroun 2500 ans avant JC.

La culture de ces plantains se serait développée en raison de la richesse en amidon de la souche et de l'apport en fibres plutôt que pour les fruits qui ne sont généralement pas consommés mûrs comme les bananes dessert. La cuvette congolaise serait le plus important centre secondaire africain de diversification des plantains.

Classification des bananiers

■ Diversité génétique, diversité botanique

Les bananiers plantains et les autres bananiers connus sont des plantes monocotylédones appartenant à l'ordre des Scitaminales ou Zingibérales, famille des Musaceae. Cette famille comprend trois genres : *Musa*, *Musella* et *Ensete*. Le genre *Musa*, avec plus de 1500 variétés dont les plantains, est le plus important et le plus diversifié. La section des *Eumusa* concentre pratiquement toutes les variétés de bananiers cultivés. Dans les années 1940, la classification des bananiers, alors basée sur le nombre de chromosomes et les caractéristiques morphotaxonomiques, répartissait les bananiers en quatre sections : *Australimusa* (n = 10), *Callimusa* (n = 10), *Rhodochlamys* (n = 11) et *Eumusa* (n = 11) (Cheesman, 1947). Dans les années 2000, une nouvelle classification basée sur l'AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) a proposé deux groupes pour le genre *Musa*. Le premier comprend les sections *Rhodochlamys* et *Eumusa* et le second les sections *Australimusa* et *Callimusa* (Wong *et al.*, 2002).



Malgré la très grande diversité des plantains dans la nature, des hybrides ont été créés pour contrer la forte sensibilité des variétés traditionnelles à certains bioagresseurs comme les cercosporioses. En dépit des bons résultats de certaines de ces variétés en termes de sensibilité [(pas sensible, donc très résistant), (faiblement à moyennement sensible, donc résistance partielle)] aux maladies foliaires, les variétés « naturelles » demeurent encore les plus appréciées des producteurs.

Une autre classification, vue sous l'angle botanique, permet de regrouper les bananiers du genre *Musa* selon deux types.

1. Les espèces sauvages, séminifères et à fruits non comestibles, toutes trouvées à l'origine dans le Sud-Est asiatique. Parmi elles, les espèces *Musa acuminata* (A) et *Musa balbisiana* (B), considérées comme les parents des bananiers, sont toutes diploïdes et fertiles. Elles constituent une banque de gènes appréciée dans les programmes d'amélioration génétique des bananes et plantains.

2. Les variétés comestibles à fruits charnus. Elles ont été obtenues, pour certaines, par des croisements intra-spécifiques particulièrement liés aux sous-espèces de *Musa acuminata*, notamment *Musa acuminata* subsp. *banksii* et *Musa acuminata* subsp. *errans* (Horry et al., 1997); pour d'autres, elles font suite aux croisements interspécifiques entre *Musa acuminata* et *Musa balbisiana*. Elles sont généralement stériles (sans graines). Toutefois, il en est qui développent un certain degré de fertilité résiduelle qui permet une fécondation, avec formation de quelques graines éparées dans la pulpe (cas du cv. 'Pelipita'). Cette fertilité résiduelle est fortement exploitée dans le cadre des croisements orientés et contrôlés lors de la création variétale.

La découverte, dans les aires naturelles d'origine, de bananiers aux fruits charnus et parthénocarpiques, sans graines et aux qualités alimentaires intéressantes, a favorisé leur domestication rapide. Des bananiers identifiés ont été prélevés dans leur milieu originel et ont été cultivés près des habitations, ou emportés dans les déplacements des hommes. Ceci a contribué au développement des aires de domestication secondaire et de diffusion/dispersion au cours des migrations. À ce jour, plus de 1 200 cultivars ou variétés comestibles sont identifiés, mais les prospections continuent dans les bassins de production où plusieurs nouvelles variétés de plantains et quelques-unes de bananes douces ont été découvertes ces dernières années (Carbap, 2014 et 2015).



Les variétés cultivées sont classées en groupes selon leur constitution génétique et leur niveau de ploïdie, puis en sous-groupes rassemblant différents cultivars dérivant les uns des autres par mutations naturelles à partir d'un ancêtre génétiquement commun.

De manière plus générale et simplifiée, on classe les bananiers cultivés suivant deux grands groupes de bananes comestibles.

Les bananes dessert ou bananes fruits consommées à l'état frais. Elles se mangent crues après mûrissage et représentent en moyenne 40 % de la production mondiale ; elles représentent l'essentiel du commerce mondial des bananes.

Les bananes à cuire, comprenant les plantains. Elles représentent environ 60 % de la production mondiale. Les bananes à cuire comprennent deux groupes génomiques principaux : AAB et ABB (tableau 3.1). Les plantains appartiennent au groupe des AAB ainsi que bien d'autres bananes à cuire qui ne sont pas des plantains. Les caractères ou descripteurs utilisés pour différencier les variétés sont à la fois morphologiques et taxonomiques, d'où l'usage du terme composé morpho-taxonomiques. Il existe plus de 120 caractères morphotaxonomiques. La description morphologique ne suffit pas pour différencier les variétés, même si elle peut donner beaucoup de renseignements sur une variété donnée. Plusieurs bananes à cuire non plantain sont ainsi consommées et bien valorisées dans la zone indo-asiatique où vivent plusieurs milliards de consommateurs.

Dans les plantains on distingue quatre types morphologiques : 'Corne', 'Faux Corne', 'French' et 'Bâtard' ('Faux French'). Chacun de ces types comporte de nombreux cultivars variant par leurs caractéristiques morpho-taxonomiques (forme, taille, couleur, présence ou absence de cire sur feuilles et/ou sur fruits, canal pétiole, fruit anguleux ou rond, forme de l'apex du fruit, position de l'inflorescence [érigé, sub-horizontale, verticale,...], macules sur pseudo-tronc, nature de la pulpe, etc.) ainsi que par leurs aptitudes agronomiques et technologiques.

▮ Les différentes sortes de plantains

Il existe au moins 150 variétés qu'on peut regrouper en quatre grands types distincts : 'French', 'Faux Corne', 'Vrai Corne', 'Bâtard' ou 'Faux French'.

Pour faire la différence entre les variétés, les critères retenus – parmi les quelque 120 caractères morphotaxonomiques – ont été choisis de



manière participative suite aux travaux avec les paysans sur le terrain. Ils portent sur :

- l'inflorescence (longueur, habillage du rachis, aspect de la popote, etc.);
- le fruit (forme, longueur, diamètre ou grade);
- la couleur de la pseudo-tige et les macules spécifiques;
- le port général de la plante (géant, moyen, nain, etc.).

Tableau 3.1. Groupes génomiques de bananes dessert et de bananes à cuire. (D'après Ploetz *et al.*, 2007)

Grand groupe	Groupe génomique ⁽¹⁾	Sous-groupe	Noms de cultivars ⁽²⁾
Bananes dessert	AA	'Sucrier'	'Sucrier', 'Figue sucrée'
		'Ney Poovan'	'Safet velchi'
	AAA	'Cavendish'	'Giant Cavendish' (e.g. 'Williams', 'Mons Mari')
			'Grande Naine'
			'Petite Naine'
			'Extra Dwarf Cavendish' (e.g. 'Dwarf')
		'Gros Michel'	'Gros Michel'
		'Red'	'Figue rose'
Bananes à cuire	AAB	'Maoli'	'Popoulou'
		'Mysore'	'Mysore'
		Plantain	'Corne', 'Faux Corne', 'French', 'Faux French'
		'Pome'	'Prata'
		'Silk'	'Sucrier'
	ABB	'Bluggoe'	'Bluggoe', 'Mondolpin'
		'Ney Mannan'	'Blue Lubin', 'Blue Java'

(1) Les génomes sont représentés par des lettres : A représente le génome *Acuminata* et B représente le génome *Balbisiana*. Le nombre de lettres représente le niveau de ploïdie : deux lettres, diploïde ; trois lettres, triploïde.

(2) Les noms anglais des cultivars ont été traduits en français quand ils existent.



Photo 3.1.
Inflorescence de 'French'
stade mains découvertes.
© M. Kwa



Photo 3.2.
Gros plan sur
un régime de 'Bâtard'.
© M. Kwa



Données botaniques du bananier plantain

La plante appelée le «bananier» peut désigner n'importe quel type de banane que nous pouvons rencontrer : aussi bien la banane dessert que le plantain ou les bananes à cuire.

Le bananier est une herbe géante qui n'a pas de tronc (figure 3.1). Ce qui est souvent appelé tronc (ou faux-tronc, ou tige) est constitué d'un ensemble de gaines foliaires imbriquées les unes dans les autres.

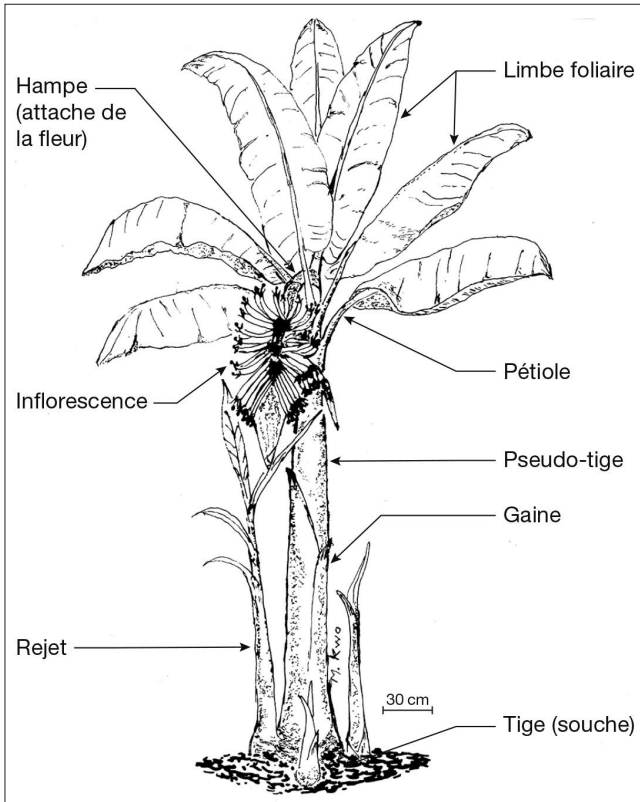


Figure 3.1.

Plant de bananier plantain et ses différentes parties. © M. Kwa

La taille du bananier est définie par la hauteur du faux-tronc considérée du sol au «V» formé par les pétioles des dernières feuilles émises au niveau du bouquet foliaire au sommet de la plante. Selon les variétés,



les hauteurs des plantains couvrent une large gamme allant de 2 à 4,5 m en premier cycle ; les circonférences équivalentes prises au niveau du collet à 10 cm du sol vont de 0,5 à 1 m. Ces dimensions sont généralement plus élevées au second cycle de la plante.

▮ La feuille

Fixée sur la souche, la feuille est constituée d'une gaine, d'un pétiole et d'un limbe. Ces différentes parties se différencient progressivement à partir d'une ébauche foliaire en forme d'entonnoir renversé ; l'empilement des gaines foliaires les unes dans les autres donne naissance au faux-tronc, les plus jeunes étant enserrées par les plus vieilles. La plus jeune feuille pousse au centre du faux-tronc et émerge au sommet sous forme de cigare (figure 3.2).

Le pétiole foliaire est la partie plus effilée de la feuille ; il relie la gaine foliaire au limbe. Le limbe est la partie large de la feuille. Il est composé de deux demi-limbes qui ne sont pas toujours égaux (dissymétriques) autour d'une nervure centrale, dans le prolongement du pétiole.

Le rapport entre la longueur et la largeur du limbe est une caractéristique variétale. Pour un cultivar donné, ce rapport reste pratiquement constant. Le comptage des émissions foliaires commence à la première feuille d'au moins 10 cm de large. Un bananier plantain issu d'un rejet peut émettre entre 28 et 40 feuilles avant la floraison (figure 3.3). Ce nombre est généralement plus élevé (entre 40 et 50 feuilles) s'il s'agit d'un vivoplant ou d'un vitroplant.

La forme des feuilles change progressivement des premières émises aux dernières. Sur les rejets poussant sur la souche, elles sont d'abord sans limbe ou à limbe étroit avec une forme plutôt effilée. Les suivantes sont à limbes larges et prennent une forme oblongue. Sur les vivoplants et les vitroplants, elles sont généralement oblongues dès le départ, même si leurs dimensions sont petites. La longueur et la largeur des limbes successifs augmentent jusqu'à la feuille émise avant la transition florale. Après celle-ci, la longueur et la largeur des feuilles subséquentes vont décroître progressivement jusqu'à l'émission de la feuille bractéale qui précède l'inflorescence. Selon les variétés de plantains, la longueur du limbe de la plus grande feuille peut varier de 2,30 m à 3,50 m avec une moyenne de 2,60 m, la largeur varie de 0,60 à 1 m avec une moyenne de 0,85 m. Elle peut donc atteindre ou dépasser une surface de 2 m².

La connaissance des dimensions maximales de la plus grande feuille pour une variété peut être utile pour choisir les écartements avant



la mise en place au champ. Compte tenu du rôle des feuilles dans la photosynthèse et tirant avantage de la capacité du bananier à développer de grandes surfaces foliaires (tableau 3.2), une bonne connaissance de l'évolution de ces surfaces foliaires est particulièrement intéressante pour mieux gérer la floraison et le remplissage des doigts. En effet, un bananier ayant au moins huit feuilles vivantes et saines à la floraison a de bonnes chances de nourrir d'une manière optimale les doigts de plantain jusqu'à la récolte et de bien remplir son régime à terme.

Tableau 3.2. Surface foliaire totale et surface foliaire utile en fonction du nombre de feuilles vivantes à la floraison. (Source : Essais sur les surfaces foliaires, CRBP, 1993 ; Carbab, 2010)

Nombre de feuilles à la floraison	Surface foliaire totale	Surface foliaire des 8 dernières feuilles		Surface foliaire des 10 dernières feuilles		Surface foliaire des 12 dernières feuilles	
	m ²	m ²	% ⁽¹⁾	m ²	% ⁽¹⁾	m ²	% ⁽¹⁾
Bananier 35F	39,3 ± 0,24	12,4 ± 0,03	31,6	16,1 ± 0,02	40,9	19,6 ± 0,02	49,8
Bananier 33F	37,4 ± 0,35	11,9 ± 0,01	34,4	15,7 ± 0,03	45,4	19,1 ± 0,03	55,1
Bananier 30F	32,9 ± 0,15	13,7 ± 0,03	42,3	16,8 ± 0,02	51,8	19,7 ± 0,02	60,1

(1) % Surface foliaire totale.

Pour assurer une alimentation satisfaisante du régime jusqu'à sa récolte, le bananier doit donc disposer d'une surface foliaire utile minimale (correspondant aux huit dernières feuilles saines) au moment de la sortie de l'inflorescence du pseudotrunc. Plus le nombre de feuilles vivantes à la floraison est élevé, plus la surface foliaire utile est élevée (tableau 3.2), ce qui améliore le remplissage du régime. Pour huit feuilles vivantes à la floraison, on a environ 12 à 14 m² suivant les bananiers. Avec 10 feuilles vivantes, on obtient entre 15 et 17 m² et avec 12 feuilles vivantes, on peut avoir jusqu'à 20 m² de surface utile. Avec 8 feuilles la surface utile représente entre 30 et 40 % de la surface totale du bananier ; avec 10 et 12 feuilles, on obtient entre 50 et 60 % de la surface totale du bananier. Cette valeur est plus le fait des dimensions des dernières feuilles que du nombre de feuilles émises. Donc avoir 10 à 12 feuilles à la floraison permet de disposer au moins de 50 % de la surface totale développée par le bananier jusqu'à l'émission de l'inflorescence. À ce stade, on ne doit donc supprimer des feuilles que si (et seulement si) elles sont fanées ou atteintes de maladies foliaires causées par des champignons (cercosporioses et autres).

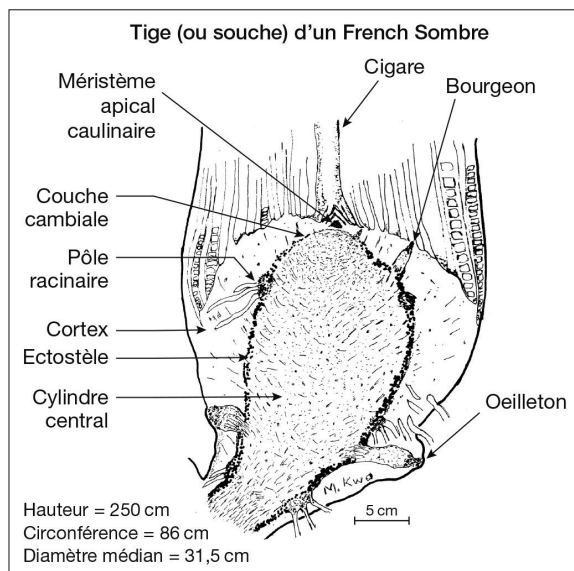


Figure 3.2.
Tige de bananier
plantain et ses
différentes parties.
© M. Kwa

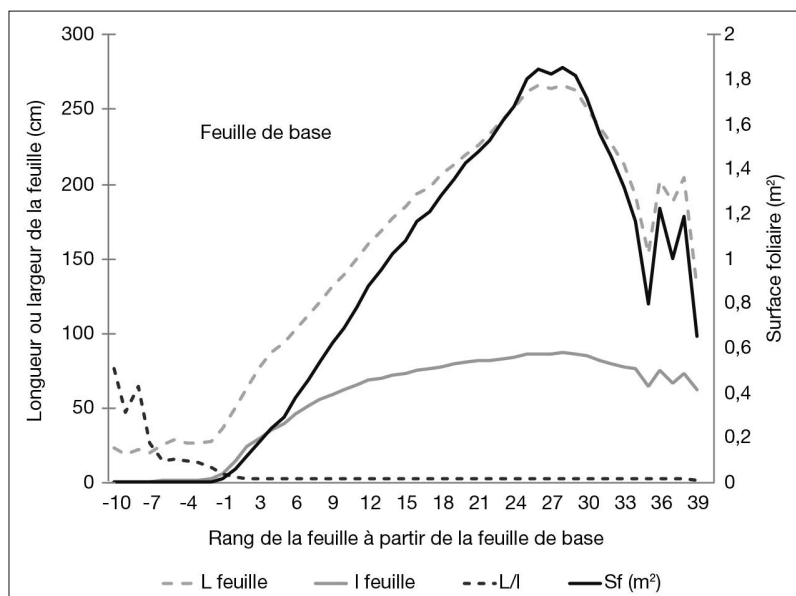


Figure 3.3.
Évolution des dimensions des feuilles et de la surface foliaire du plantain
en fonction du rang d'émission. (CRBP, 1993; Carbab, 2010)



La tige (ou souche)

La souche (vraie tige) du bananier est la partie plus ou moins dure se trouvant vers le bas de la plante, en partie dans le sol, et en partie au-dessus du sol (photo 3.3). Elle porte de nombreux bourgeons et des zones morphogènes de futurs bourgeons à partir desquels des rejets peuvent se développer. Elle héberge aussi les centres de formation des racines. Au sommet de la souche se trouve le point végétatif (méristème apical caulinaire) à partir duquel se forment les ébauches foliaires produisant le faux-tronc et les limbes foliaires. Après émission d'un certain nombre de feuilles, ce méristème formera l'inflorescence.

Le système racinaire

Les racines sont initiées sur des pôles racinaires situés dans la périphérie du cylindre central de la souche et commencent leur croissance à l'intérieur de celle-ci, puis se déploient à l'extérieur. Elles assurent l'ancrage de la plante, sa nutrition minérale, la production d'hormones et la constitution des réserves. Le nombre de pôles augmente avec le développement de la plante (figure 3.4). Un jeune rejet de 10 cm peut en avoir 5 à 9 et un plant de 1,80 m de hauteur en contenir entre 38 et 45.

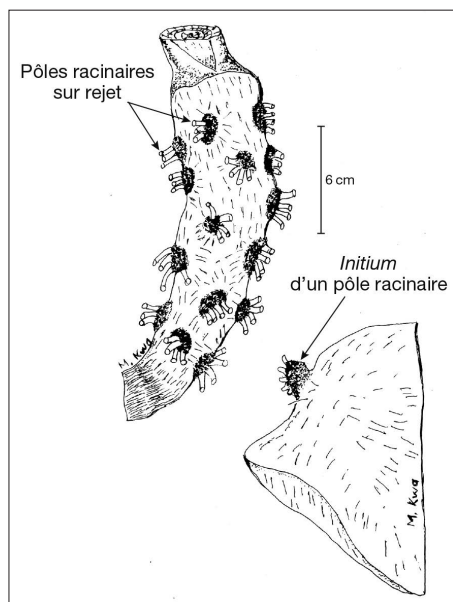


Photo 3.3.

Tige (souche) du bananier débarrassée de ses rejets.

© M. Kwa

Figure 3.4.

Pôles racinaires sur rejet et *initium* d'un pôle racinaire. © M. Kwa



Chaque pôle racinaire peut former deux à cinq racines. Cette particularité de la disposition et de l'émission permet un parage de la souche sans affecter sa capacité à émettre de nouvelles racines.

Certaines racines peuvent s'étendre latéralement et d'autres se développer en profondeur selon les sols. Généralement, le système racinaire atteint entre 40 et 70 cm en profondeur. Dans les zones de surface riches en matière organique, les racines s'étendent jusqu'à 3 m latéralement. Toutefois, 85 % des racines sont concentrées dans les horizons de surface (0 à 30 cm). L'efficacité du système racinaire contribue fortement à l'élaboration du rendement.

Dans les zones tropicales humides, l'élongation racinaire se fait au rythme de 2 à 4 cm/jour.

Variations selon le type de sol

La croissance et le développement du système racinaire sont tributaires des propriétés physiques du sol et de l'action de bioagresseurs qui y vivent. Certaines propriétés physiques (résistance mécanique, porosité, capacité de rétention en eau, etc.) influencent l'élongation racinaire. Ces paramètres varient avec l'âge de la plantation, le climat, les types de sols, les techniques de préparation du sol (Dorel, 1990). Par exemple, sur les sols volcaniques, la densité racinaire est très élevée dans les horizons à structure grumeleuse tandis que ceux ayant des cendres compactées réduisent l'aération, ce qui induit une asphyxie des racines et un ralentissement de l'émission de nouvelles racines. Cependant, bien que le développement et la croissance racinaires soient affectés, on observe souvent une augmentation du diamètre des racines et de la masse racinaire en compensation.

La croissance racinaire est très faible dans les sols trop argileux (lourds) et ceux fortement compactés.

Sur les sols alluviaux, le développement racinaire est meilleur dans les horizons à texture sablo-argileuse et ceux à texture argilo-sableuse, ce qui permet aux racines d'atteindre de plus grandes profondeurs (80-100 cm). Les sols ferralitiques de plateaux et pentes sont caractérisés par un horizon humique superficiel à texture sablo-argileuse évoluant vers une texture sablo-limoneuse. Généralement, en dessous, à quelques 10 cm de la surface, se trouve un horizon plus souvent graveleux ou rocailleux. Sur ces sols, l'enracinement est généralement superficiel, mais la densité racinaire est très élevée dans les horizons humiques. Dans ce cas, les rendements sont plutôt conditionnés par les pratiques culturales que par le sol.



Les sols de bas-fonds sont généralement hydromorphiques. Dans cette situation, l'enracinement est limité par le niveau de la nappe phréatique. Ces terres de bas-fonds nécessitent donc un drainage pour être valorisées. Pour obtenir un abaissement optimal du niveau d'eau, il sera nécessaire de densifier le réseau de drainage et de faire des drains avec une profondeur appropriée et une pente convenable pour la zone concernée. Sur ces sols souvent pauvres, des apports minéraux et organiques sont nécessaires. Une voie d'amélioration de la nutrition des plantains sur ces sols peut consister en l'utilisation de la technique du paillage. Cette pratique culturale permet de créer un horizon humique en surface, ce qui favorise le développement des racines sur les 15 premiers centimètres du sol. Cette option présente toutefois un grand risque pour les zones soumises aux grands vents, le système racinaire étant dans ce cas entièrement superficiel, ce qui limitera l'ancrage du bananier.

En monoculture, l'état sanitaire des racines peut être mis en relation avec le type de sol. En culture mixte, l'architecture racinaire peut être modifiée du fait de plantes associées dont certaines peuvent influencer l'absorption racinaire des bananiers.

Production des racines, conditions de croissance

La production des racines se fait par vagues tout au long de la phase végétative et s'arrête au moment où la plante entre en phase productive. Le nombre de racines s'accroît donc progressivement du jeune plant au plant adulte, mais il varie en fonction des variétés. Le bananier plantain peut produire dans sa vie entre 400 et 600 racines. Toutefois, les conditions de culture peuvent influencer ces données. La durée de vie des racines varie en fonction du degré d'infestation du sol (attaques de nématodes et de charançons) en particulier, mais aussi en fonction de l'état hydrique du sol. Si ce dernier est engorgé de façon permanente, cela peut provoquer l'asphyxie et la mort des racines, mais s'il est trop sec, le dessèchement des racines limitera leur potentiel.

■ L'inflorescence

Dans son cycle de vie, le bananier émet à partir de sa souche une inflorescence constituée d'un ensemble organisé de mains de fleurs femelles, de fleurs hermaphrodites et de fleurs mâles. Au sortir du bouquet foliaire, l'inflorescence est érigée, l'axe de croissance étant alors dirigé vers le haut. Puis progressivement, elle se recourbe vers le sol. Pendant cette phase de courbure, qui dure entre 8 et 10 jours,



l'inflorescence accroît significativement sa longueur et sa circonférence. Elle peut alors atteindre entre 50 et 70 cm de longueur et une circonférence médiane allant de 35 à 50 cm. En moyenne, deux jours après la fin de ce processus, les bractées s'ouvrent progressivement, laissant apparaître les mains de fleurs orientées vers le bas. Les premières, formées à la base de l'inflorescence, ont des ovaires longs et des styles et stigmates bien développés par rapport à ceux des fleurs mâles situées dans la partie apicale de l'inflorescence.

Selon les variétés de plantains, l'inflorescence déploie entre 1 et 14 mains femelles comportant deux rangées de fleurs sur toutes les mains (cas des 'French'). Il est aussi possible d'observer une série de mains avec deux rangées de fleurs suivies par une série de mains avec une seule rangée de fleurs (cas des 'Faux Corne' et certains 'Corne' sur les deux ou trois dernières mains).

Chaque fleur femelle se développe en fruit par parthénocarpie (développement de l'ovaire du fruit sans besoin de fécondation par le pollen des fleurs mâles). Lorsque toutes les mains de fleurs femelles sont ouvertes, on considère que le bananier a fleuri. La date de floraison d'un bananier est donc celle où apparaît la dernière main de fleurs femelles.

Le temps de floraison (TFlo) compté à partir de l'émergence de l'inflorescence à l'extérieur du faux-tronc jusqu'au découverture de la dernière main de fleurs femelles varie en fonction des variétés, des conditions environnantes (température, humidité relative, etc.) et de l'itinéraire technique (fertilisation, irrigation, etc.). Il peut varier de 15 à 25 jours selon les variétés et les conditions de climat ou de culture.

■ La transition florale

À la suite des fleurs femelles se développent des fleurs dites hermaphrodites (intermédiaires entre les fleurs femelles et les fleurs mâles), puis enfin des fleurs mâles qui se caractérisent par des ovaires beaucoup plus courts et des étamines bien développées. Parfois, certaines mains de fleurs, notamment les deux ou trois dernières, comportent un mélange soit de deux types de fleurs (femelles et hermaphrodites ou femelles et mâles), soit de trois types (femelles, hermaphrodites et mâles).

Chez certaines variétés de plantains, l'inflorescence a une croissance indéfinie, le bourgeon floral continuant de produire comme à l'infini des assises de fleurs mâles non productives, c'est le cas des plantains de type 'French'.



Pour les variétés de plantain de type 'Faux Corne', la croissance de l'inflorescence est définie. En effet, après 6 à 10 mains femelles et quelques mains de fleurs hermaphrodites, le bourgeon floral émet une fleur terminale qui stoppe le processus de croissance de l'inflorescence.

Pour les variétés de type 'Corne', la croissance de l'inflorescence s'arrête dès la fin de l'ouverture des mains femelles, aucune des fleurs hermaphrodites et/ou mâles ne sont produites.

■ Le fruit ou doigt, la main, le régime

Chaque fruit provient d'une fleur femelle dont l'ovaire a grossi : ce qu'on appelle un doigt. Parfois toutes les fleurs de l'avant-dernière ou de la dernière main ne se développent pas en fruits normaux. On les qualifie de « fausses mains ».

Les fleurs hermaphrodites et mâles ne donnent pas de doigts comestibles.

Croissance et développement du fruit

Formation des doigts

Les fleurs sont mises en place progressivement d'un bout à l'autre de l'assise florifère, ainsi tous les doigts d'une main n'ont pas les mêmes dimensions. En plus, l'ordre d'apparition des mains confère à chacune un avantage comparatif par rapport à la suivante, les flux d'hydrates de carbone étant absorbés préférentiellement des premières vers les dernières. La phase post-florale consiste d'une part en l'allongement du doigt pour atteindre son potentiel optimum de croissance, et d'autre part en l'accroissement du diamètre du fruit. Les principales caractéristiques du doigt de plantain sont sa longueur (cm), sa circonférence médiane (cm) ou son diamètre (mm) ou grade (exprimé en 1/10^e de pouce), sa forme (droite ou courbe et degré de courbure). Pour une main donnée, le doigt médian, pris au milieu de la main (sur la rangée supérieure si la main a deux rangées), sert de référence pour la main considérée.

Développement des mains et des doigts

Après la sortie de l'inflorescence au sommet du faux-tronc, l'accroissement des dimensions des doigts entre l'ouverture des mains (relèvement des bractées florales) et le stade final (coupe du régime) passe par différentes phases.



Photo 3.4.

Mesure du doigt médian de la main de plantain. © M. Kwa

La première phase amorce des changements importants des dimensions des doigts ; elle est observée entre l'ouverture des mains et la floraison. La longueur s'accroît de 2 à 15 % et la circonférence de 12 à 20 %.

La deuxième phase est la plus importante et couvre la période des 10 jours suivant la floraison. À ce stade, on observe les accroissements les plus élevés des doigts aussi bien pour la longueur (entre 5 et 25 %) que pour la circonférence (entre 12 et 30 %).

La troisième phase concerne la période comprise entre le 10^e et le 20^e jour après floraison. Elle se caractérise par une chute relative de la vitesse d'élongation (1,5 à 13 %) ainsi que de l'augmentation du diamètre du fruit (8 à 16 %).

La quatrième phase va de 20 jours après floraison à la récolte et est caractérisée par des accroissements beaucoup plus faibles (2 à 5 %) pour l'ensemble des doigts.

De manière globale, la croissance en longueur et en épaisseur des doigts au cours des 40 premiers jours après la floraison permet d'atteindre, selon la main, de 87 à 94 % de la longueur finale du doigt médian et de 78 à 85 % de sa circonférence finale à la récolte. Les 40 à 50 derniers jours



sont donc préférentiellement consacrés à l'augmentation du diamètre du fruit. Il est important que, pendant cette période, le nombre de feuilles vivantes sur le plant permette un remplissage correct du fruit.

Caractéristiques du régime

Les mains sont rattachées à la tige florale par un coussinet. L'ensemble des mains constitue le « régime ». Le rachis est la partie de la tige florale portant les mains.

Pendant la phase de grossissement du régime, le poids de ses différentes parties évolue.

Nous présentons ces différentes parties pour un régime standard caractérisé par sa longueur, son poids, le nombre de mains, le nombre de doigts par main, le poids du rachis (hampe).

Le régime standard (à la récolte) est défini comme la partie de l'inflorescence portant les mains de doigts et quelques mains de fleurs mâles ou hermaphrodites. La hampe florale est coupée à 30 cm au-dessus de la première main et 10 cm au-dessous de la dernière main de doigts. La longueur du régime correspond à la distance entre ces deux extrémités. Des régimes ayant un même nombre de mains peuvent aussi avoir des longueurs différentes selon qu'ils sont produits en saison sèche (entrenœuds courts en l'absence d'irrigation) ou en saison normale (croissance optimale avec entrenœuds réguliers et normaux). Une fertilisation déséquilibrée, notamment avec un excès d'azote, peut provoquer son allongement.



Photo 3.5.

Mesure du régime standard. © M. Kwa



Le nombre de mains

Le nombre de mains varie entre les variétés, mais aussi au sein d'une même variété (tableau 3.3). Par exemple si le 'Big Ebanga' ('Faux Corne') et l' 'Elat' ('French') peuvent produire chacun des régimes de six et de sept mains ou plus, le pourcentage des régimes ayant un même nombre de mains sera différent pour chacune de ces deux variétés. Les variations de ce nombre sont aussi fonction de l'itinéraire technique (apport ou non d'éléments fertilisants, types et quantités, etc.).

Les plantains de type 'Corne Vrai' font préférentiellement des régimes de une à quatre mains, exceptionnellement de cinq à huit mains pour des variétés cultivées dans un milieu très favorable. Les variétés de type 'French' expriment une plus large gamme de nombre de mains (de 5 à 14 mains) : 6 et 7 mains pour les 'French' moyens; plus souvent 8 à

Tableau 3.3. Variations du pourcentage du nombre de mains en fonction des variétés.

(Source : Essai variétal Carbap, Kwa *et al.*, 2010)

Type	'Corne Vrai'		'Faux Corne'	'Faux French'	'French'	
Variété	'Assugbegle'	'Corne' 'Buea + Bang'	'Big Ebanga'	'Bâtard'	'Esson'	'French Clair'
1 main	3	12				
2 mains	58	62				
3 mains	27	26				
4 mains	9					
5 mains	3			1,3		
6 mains			31,6	8,1	3,7	83,3
7 mains			34,2	39,5	8,7	16,7
8 mains			26,3	43,0	19,3	
9 mains			7,9	5,8	27,3	
10 mains				2,3	24,8	
11 mains					10,6	
12 mains					3,7	
13 mains					1,2	
14 mains					0,6	



11 mains pour les 'French' géants. Les types 'Faux Corne' et 'Bâtard' sont intermédiaires entre les 'French' et les 'Corne' : entre 6 et 8 mains chez les 'Faux Corne' et 8 à 10 mains chez les 'Bâtard'.

Le nombre de doigts

Pour la plupart des variétés, le nombre moyen de doigts par main diminue des premières mains vers les dernières. Dans certaines situations assez rares, la première main peut comporter plus de 25 doigts, notamment chez les 'French' géants ('Essong'), alors que la plupart des variétés ont entre 8 et 15 doigts sur cette main. Pour d'autres variétés, le nombre de doigts par main peut augmenter de la première à la dernière main chez les 'Corne', mais ce phénomène n'est pas constant. Il existe aussi de rares cas où la première main porte peu de doigts en raison d'une morphogénèse défaillante au début de la mise en place des doigts.

Cependant, il est plus courant d'avoir un nombre de doigts égal ou plus élevé sur la deuxième et la troisième main par rapport à la première. Mais la fréquence d'occurrence change avec les variétés. On a observé cela chez 'Essong' (57 %), 'Elat' (30 %), 'French Clair' (15 %), 'Bâtard' (63 %), 'Big Ebanga' (29 %) et 'Assugbegle' (60 %). Généralement, après la troisième main, le nombre de doigts par main du régime décroît.

Les types 'French' font plus de doigts que les autres types. Le nombre total de doigts est dans l'ordre décroissant : 'French', 'Bâtard' ('Faux French'), 'Faux Corne', 'Corne Vrai' (tableau 3.4). Toutefois, certains 'Corne' peuvent produire plus de doigts que des 'Faux Corne' dans des situations exceptionnelles. La réduction du nombre total de doigts est partiellement compensée par l'augmentation de leur dimension, les plus gros doigts étant chez les 'Corne Vrais'.

De plus, une bonne corrélation ($R = 0,85$) a été établie entre le nombre de doigts (x) et le poids d'un régime (y), quelle que soit la variété. Une régression faite sur 300 données de ces deux paramètres sur huit variétés de plantains a permis d'obtenir la fonction linéaire suivante : $y = 0,1368x + 7,0548$, avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,7226$ (Essai variétal Carbab 2003-2010).

Le poids du régime, des mains et des doigts

La croissance et le développement du régime s'accompagnent d'une augmentation progressive de son poids jusqu'à la récolte qui peut



intervenir entre 80 et 100 jours après la floraison selon la variété et le site. On observe qu'à 80 jours après floraison, le régime atteint 75 % de son poids brut final à la récolte.

Le poids « utile » du régime à la récolte s'obtient par retranchement du poids du rachis après découpe des mains. Ce poids « utile » est donc celui de l'ensemble des mains. À la floraison, il représente près de 77 % du poids du régime ; à la récolte, il atteint 95 % du poids brut du régime standard. Par contre, le rachis représente à la floraison entre 22 et 30 % du poids du régime, mais à la récolte, il ne représente plus que 3 à 10 % du poids final. L'accroissement du poids des mains se fait donc au détriment de celui du rachis. Ces connaissances permettent au producteur de faire des estimations de ses rendements en tenant compte de la date de floraison et de la date prévisionnelle de la coupe, à partir d'échantillons prélevés à des moments précis du développement des fruits.

De manière générale, le poids du doigt moyen des mains décroît progressivement, de la première à la dernière suivant un gradient propre à chaque régime. Il peut donc arriver que le poids de certains doigts après la première main soit égal ou plus élevé que celui de la 1^{re} main. Cela s'observe plus souvent sur la 2^e et la 3^e main, moyennement sur la 4^e main et quelques rares fois sur la 5^e main. Ces phénomènes peuvent être la conséquence de variations d'origines

Tableau 3.4. Variation du nombre moyen de doigts et du poids moyen du régime chez différents cultivars de plantains.

(Source : Essai variétal Carbap, 2003-2010) REF

Type	Variété	Poids moyen des régimes (kg)	Nombre moyen de doigts	Poids moyen d'un doigt du régime (g)
'French'	'Essong'	26,9 ± 5,0	140 ± 33	182 ± 35
	'Elat'	14,8 ± 2,7	75 ± 15	184 ± 34
	'French Clair'	14,2 ± 3,0	71 ± 9	183 ± 21
'Faux French'	'Batard'	21,5 ± 6,0	68 ± 24	314 ± 80
'Faux Corne'	'Big Ebanga'	9,2 ± 3,5	29 ± 6	281 ± 63
	'Assugbegle'	19,0 ± 1,5	33 ± 8	556 ± 138
	'Corne Buea'	15,0 ± 7,0	28 ± 13	504 ± 9
	'Vrai Corne'	13,4 ± 1,9	25 ± 5	502 ± 134



diverses (températures, manque d'eau, utilisation d'hormones de croissance, etc.) pouvant induire des modifications sur la physiologie et le cycle de la plante.

Un indicateur plus englobant utilisé pour caractériser un régime est le poids moyen d'un doigt du régime (tableau 3.4). Il permet de discriminer les variétés, et particulièrement les types variétaux. On l'obtient en divisant le poids utile du régime par le nombre total de doigts correspondants. Ainsi, on peut noter que les French se caractérisent par un poids de doigt moyen du régime de l'ordre de 180 ± 30 g, donc inférieur à 200 g, les 'Faux Corne' avec un poids de 300 ± 60 g, les 'Faux French' avec un poids de 310 ± 80 g, et les 'Corne' avec un poids de 500 ± 90 g. Les 'Corne' ont des doigts qui pèsent généralement plus d'un demi-kilogramme. Ils représentent donc les plantains les plus lourds et les plus gros, mais avec une grande variabilité; par contre, les 'French' ont le poids de doigt le plus faible, mais avec une faible variabilité. Les 'Faux French' et les 'Faux Corne' sont intermédiaires entre les 'French' et les 'Corne'.

Les besoins agronomiques du bananier plantain

Le plantain, produisant au cours de sa vie une importante biomasse, a besoin de grandes quantités d'éléments minéraux et organiques. Le sol doit donc être bien pourvu en ces éléments. En ce qui concerne le climat, le bananier a besoin d'une température constante et élevée toute l'année de l'ordre de 27°C . Il peut se développer entre 30° de latitude Nord et 30° de latitude Sud, il pousse encore mieux entre 15° de latitude Nord et 15° de latitude Sud. La zone tropicale chaude et humide est la plus favorable. Bien que les exigences du bananier plantain soient élevées, il peut aussi s'accommoder de certaines conditions marginales, en l'absence de parasites, mais les rendements sont plus faibles.

■ L'eau, un élément essentiel

Le bananier est un grand consommateur d'eau. Il lui faut généralement entre 1500 et 3500 mm de précipitations par an, bien répartis sur l'année et sans saison sèche trop marquée. Les besoins mensuels varient de 120 mm d'eau/mois à 180 mm d'eau/mois en saison sèche.



La croissance du bananier est réduite en saison sèche : les feuilles jaunissent et sèchent en commençant par les plus vieilles. Lorsque le manque d'eau est accentué, les feuilles se plient au niveau du pétiole et forment une sorte de « jupe » autour du pseudo-tronc, ce qui constitue un moyen de réduire les effets de la sécheresse sur la plante. Lorsque la sécheresse est très sévère, le bananier se plie ou casse.

Mais le bananier est aussi sensible à l'asphyxie si le sol est gorgé d'eau pendant plus d'une semaine ; « le bananier aime l'eau, mais il n'aime pas avoir les pieds dans l'eau ». La nappe d'eau doit être au moins à un mètre de profondeur ; un bon drainage est indispensable.

▮ L'importance de la chaleur

Les climats chauds et humides (température entre 25 et 30 °C, humidité relative au-dessus de 60 %) sont favorables. En dessous de 18 °C, la croissance devient très lente et s'arrête en dessous de 14 °C. Dans les zones d'altitude aux températures assez basses, le cycle du bananier est donc plus long qu'en zone basse.

▮ Le rôle de la lumière

Pour bien croître et assurer toutes ses phases de développement (végétative, florale, grossissement du fruit) et obtenir une bonne production, il faut à la plante de 1 500 à 2 500 heures d'insolation sur la période de culture et production. Différents rayonnements (rouge, jaune, bleu, etc.) du spectre de la lumière influencent la croissance et le développement de différentes parties du bananier plantain. Sous l'effet de l'énergie spectrale, les phytochromes régulent le fonctionnement de la plante selon les signaux lumineux reçus. Une carence en lumière rouge peut causer une diminution de la production de chlorophylle, de sève, de feuilles, de fleurs et même une dormance chez la plante. Des pertes de récolte non négligeables (20 %) peuvent en résulter. Le producteur devra choisir des pratiques culturales qui favorisent une bonne distribution de la lumière dans la plantation, surtout en saison sèche. L'orientation de la floraison et de la récolte vers les périodes chaudes (saison sèche) permettra d'accélérer et d'augmenter, grâce à l'hormone nommée la métopoline, le nombre de fleurs produites et la production de sucre, qui améliore le goût du fruit.

D'autres rayonnements (par exemple, le rouge lointain) dotés d'une intensité élevée (700 nm à 740 nm), jouent un rôle important dans la croissance en hauteur du bananier, notamment des bananiers cultivés



dans les associations avec des plantes forestières et fruitières. Les producteurs choisiront alors des variétés de taille appropriée (petite taille ou moyenne) pour les associations avec des arbres forestiers ou avec des plantes fruitières de grande taille.

Compte tenu de l'action de la lumière sur des phases critiques du bananier, le producteur de plantain doit connaître les données climatiques de sa zone de production (saisons et durées, variations des températures, insolation, etc.) pour savoir quand planter en fonction de la variété et s'assurer que la floraison et la récolte surviendront à des périodes favorables au développement des fruits. Le producteur doit aussi tenir compte du niveau d'ombrage ($\leq 30\%$) dans la bananeraie pour assurer de bons rendements. En effet, les bananiers se développent sous ombrage, mais lentement. La bonne gestion de la lumière demande la prise en compte des densités et des écartements, ainsi que de toute autre culture en présence des bananiers.

▮ Des éléments minéraux et organiques nécessaires

Comme toutes les plantes vertes, le bananier a besoin d'une alimentation abondante et équilibrée en apports minéraux et en apports organiques. Les principaux éléments minéraux essentiels sont : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le soufre (S). À ces éléments principaux peuvent s'ajouter des oligo-éléments : bore (B); zinc (Zn), etc.

Les sols riches en matière organique sont favorables au bananier. Toute matière organique bien décomposée peut être utilisée : parche de café, fiente de poule vieillie, cabosses séchées de cacao, rafles et autres sous-produits de palmiers à huile, compost, etc.

Pour une bonne gestion des éléments nutritifs nécessaires au bananier plantain et disponibles, le producteur doit faire une analyse du sol pour connaître la richesse potentielle en éléments minéraux et organiques, puis établir un plan de fertilisation conséquent, avec l'aide d'un spécialiste.

En milieu paysan sous les tropiques, les sols de forêt primaire sont généralement riches et favorables à la culture du plantain. Les apports minéraux se justifient surtout sur sols très pauvres, désaturés, mais aussi sur des sols riches soumis à de fortes pressions de prélèvement par la plante en relation avec le système de culture pratiqué. Une bonne gestion de la matière organique peut cependant réduire significativement le besoin d'engrais minéraux.



La notion de cycle du bananier

Les bananiers poussent sous différents climats de la zone intertropicale et préférentiellement dans les zones chaudes et bien arrosées, avec des écarts de température faibles entre le jour et la nuit. Un régime des pluies monomodal ou bimodal convient aux bananiers plantains. Suivant les données climatiques et particulièrement en prenant en compte la répartition annuelle des pluies, le choix de la période de plantation et l'itinéraire technique permettent d'ajuster le cycle de la variété dans le contexte de production. Par exemple, une variété d'un cycle connu de quinze mois est plantée de manière à exploiter judicieusement les périodes favorables au développement végétatif et au remplissage du régime.

De la mise en terre d'un plant à la récolte du régime, le bananier réalise « un cycle ».

Deux possibilités sont offertes au producteur :

Option 1. Dans la suite des opérations après récolte, le cultivateur peut décider d'arracher les rejets du pied-mère et de les replanter : il exploite un cycle, le premier uniquement, et chaque replantation conduite de la même manière sera toujours comptée comme un premier cycle, que les rejets proviennent du même pied planté ou non, que le rejet soit grand ou petit. Chaque replantation d'un rejet coupé de sa souche s'accompagne d'un stress sur le plant, ce dernier devant réajuster temporairement sa morphogenèse interne (racines, feuilles) avant de reprendre une croissance normale. Ce processus peut prendre un mois ou plus.

Option 2. Le cultivateur peut décider de continuer d'exploiter les rejets du premier pied planté sans procéder à une replantation. La notion de cycle devient plus complexe, car un des rejets émis sur le pied planté au départ est choisi pour continuer la production et les autres rejets sont éliminés. Ce processus peut être ainsi répété un certain nombre de fois dans le temps sans replantation. La notion de cycle dans ce cas intègre la production obtenue chaque fois sur un rejet successeur choisi selon un ordre bien déterminé.

Chez le bananier, chaque cycle de cette succession se termine à la coupe du pied porteur. Dans chaque cas, le rejet sous la dépendance du pied-mère poursuit sa croissance normale sans rupture, ce qui lui confère un avantage comparatif par rapport au rejet arraché et replanté.



Photo 3.6.

Succession de cycles de bananier. © M. Kwa

Sens de la succession des cycles de la droite vers la gauche.

1. Pied-mère récolté récemment, repousse d'un petit rejet sur la souche du pied-mère :

1^{er} cycle.

2. Rejet successeur du pied-mère, de 1^{re} génération : 2^e cycle en cours.

3. Rejet successeur de 2^e génération : futur 3^e cycle après récolte du rejet de 1^{ère} génération.

II Détermination de la durée du cycle

Pour le producteur, le calcul de la durée du cycle pour chaque variété utilisée et pour chaque itinéraire technique pratiqué est importante comme moyen de comparer ses performances d'une année à l'autre, de mesurer l'impact des travaux effectués et de mieux estimer ses prévisions de récolte.

En ce qui concerne le premier cycle : sa durée s'établit facilement en comptant le nombre de jours entre la plantation et la récolte du régime. Ceci est valable pour les deux options.

Pour le second cycle, la situation est plus complexe, car le rejet choisi est attendant au pied planté (pied-mère) et il pousse dans un premier temps sous la dépendance de ce dernier pendant le déroulement du premier cycle, avant de devenir complètement autonome à la récolte du régime du pied planté.



À partir de quand faut-il compter le 2^e cycle, l'existence du rejet successeur étant concomitante à celle du plant qui lui a donné naissance ?

Compter le 2^e cycle (c'est-à-dire le cycle du rejet sélectionné sur le pied-mère pour continuer la production) à partir de la récolte du pied-mère occulterait tout le temps passé à croître auprès de ce dernier. Il en sera de même pour les cycles suivants, une bonne partie de la vie du pied observé ayant été passée sous l'influence du pied dont il est issu. D'ailleurs, pour une plantation bien gérée, la matérialisation des cycles successifs sur le terrain est faite par les souches respectives des pieds suivis pendant chacun des différents cycles. Considérant d'une part que chaque cycle se termine à la coupe du régime du pied porteur, et prenant en compte la difficulté d'établir la date effective d'apparition de chaque rejet retenu pour la succession afin de déterminer la durée effective de chaque cycle $n+1$ d'autre part, il est devenu nécessaire de définir des paramètres englobants pouvant permettre de comparer le comportement des variétés en culture et d'apprécier les variations entre les cycles végétatif et floral.

II) Les paramètres de suivi des plants en production

H : hauteur de la plante à la fin de la phase végétative (cm)

C10 : circonférence prise à 10 cm du sol à la fin de la phase végétative (cm)

NFE : nombre de feuilles émises compté à partir d'une feuille de base ayant une largeur de 10 cm jusqu'à l'apparition de la fleur

NFV : nombre de feuilles vivantes à la floraison

IPF : intervalle plantation – floraison (jours)

IPC : intervalle plantation – coupe du régime (jours)

IFC : intervalle floraison – coupe du régime (jours) - Donnée calculée : IPC-IPF.

PR : poids du régime à la récolte

Y : rendement (tonnes/ha) (Y est emprunté de l'anglais 'Yield')

L'IPF et l'IPC sont toujours calculés à partir de la date du premier pied planté. Même si la souche du premier pied planté n'existe plus, on considère que la plantation est établie sur le site depuis cette première date de plantation, ce qui détermine l'âge de la plantation.



On peut donc noter que IPF1, IPC1, IFC1, Y1, etc., seront les codes affectés au premier cycle, IPF2, IPC2, IFC2 et Y2 pour le second cycle et ainsi de suite.

La difficulté de définir le moment exact du début du second cycle et des cycles suivants conduit à considérer la notion d'inter-cycle (IC) qui délimite le temps écoulé entre le cycle n et le cycle $n+1$. Le cycle $n+1$ sera celui pour lequel l'inter-cycle est calculé : par exemple, on notera $IC2 = IPC2 - IPC1$. Cette indication renseigne sur l'itinéraire technique et la succession des cycles. Quelques fois aussi, l'expression assez évocatrice « retour cycle » est utilisée pour montrer qu'une nouvelle récolte a été faite sur le même dispositif. En fait, il s'agit tout simplement de la prise en compte de l'inter-cycle.

■ Application de la notion de cycle

Le premier régime d'une variété de plantain a été récolté 390 jours (soit 13 mois) après la mise en terre. Or, la fleur « pointante » était apparue à 288 jours (soit 9,6 mois) après la mise en terre du rejet. La floraison (marquée par l'ouverture de la dernière main femelle du régime) a eu lieu 15 jours après l'apparition de la fleur. Par la suite, sur le rejet successeur, on voit pointer une fleur 150 jours (soit 5 mois) après la récolte du premier régime. Quelques 13 jours plus tard, la dernière main du nouveau régime est découverte. Ce moment marque la floraison du second cycle. Puis, 85 jours après la floraison, le second régime est récolté, ce qui met fin au second cycle.

Ces données nous permettent de définir les différents segments caractéristiques du cycle du plantain dans chaque contexte de production.

Les trois données à établir sont :

$IPF1 = 288 + 15 = 303$ jours (entre la plantation et la floraison)

$IPC1 = 390$ jours soit 13 mois (puisque'il est dit que la coupe du premier fruit a eu lieu 390 jours après la mise en terre)

$IFC1 = 390 - 303 = 87$ jours (c'est le temps de remplissage du régime de la floraison à sa coupe)

Ces trois données caractérisent le phasage du premier cycle (c'est-à-dire le temps moyen qui s'est écoulé de la plantation à la récolte du premier régime).

S'il fallait y ajouter l'inter-cycle, on devrait écrire $IC1 = 390 - 0 = 390$ jours puisque'on est allé logiquement de 0 cycle à 1 cycle.



Pour le second cycle, nous aurons comme données :

$IPF2 = 390 + 150 + 13 = 553$ jours (temps qui s'est écoulé depuis la plantation jusqu'à la floraison du pied successeur)

$IPC2 = 553 + 85 = 638$ jours (temps qui s'est écoulé depuis la plantation jusqu'à la récolte du second fruit sur le successeur)

$IFC2 = 638 - 553 = 85$ jours (cela était déjà précisé dans l'énoncé de l'exercice)

$IC2 = IPC2 - IPC1 = 638 - 390 = 248$ jours (soit 8,3 mois). Il y a donc eu un retour de cycle 8,3 mois après la coupe du premier régime.

À propos de l'IC2 : cette donnée n'indique pas le temps qui s'est écoulé du point de départ de l'existence visible du premier rejet successeur sélectionné jusqu'à la récolte de son régime, mais uniquement le temps écoulé de la récolte du premier régime à la récolte du second régime sur la même souche. Toutes les autres caractéristiques sur l'aspect végétatif du second cycle sont prises en compte sur l'IPF2, car au moment de la floraison du pied planté, le successeur choisi avait déjà un certain niveau de développement.

La notion de cycle est très importante dans la gestion à long terme d'une bananeraie :

- le cycle a une influence sur le rendement. Par exemple, on constate de manière générale que le second cycle est plus productif que le premier ;
- il constitue un aspect fondamental des opérations de choix pendant l'œilletonnage.

Le choix du successeur doit donc faire l'objet de beaucoup d'attention pour éviter de sélectionner un rejet « frère » à la place du petit-fils à partir du troisième cycle. Les rejets frères sont, dans le cas du premier cycle, tous ceux qui sont directement rattachés au pied planté. Pour les cycles suivants, les rejets frères sont ceux rattachés au successeur choisi. La difficulté de ce choix apparaît à partir du troisième cycle lorsqu'il y a autour du pied plusieurs générations de rejets. Lorsqu'on a bien repéré la génération en cours (notée « n »), le choix du porteur suivant doit se faire sur la génération $n+1$.

■ Facteurs qui influencent le cycle

Le nombre de cycles à conduire dépendra des objectifs de production, mais aussi de l'impact du parasitisme sur la plante ainsi que de la disponibilité dans le sol des éléments nutritifs nécessaires au bananier.



Influence de la variété

Le cycle est fonction de la variété. Dans un même contexte, un 'Big Ebanga' peut produire en 12 à 14 mois, un 'Essong' en 16 à 20 mois (tableau 3.5). Dans un champ où plusieurs variétés sont introduites en même temps, il est nécessaire de tenir compte de cette diversité variétale pour gérer la période de récolte. Dans l'exemple ci-dessus, le 'Big Ebanga' est récolté plus tôt en raison de son cycle plus court que celui de l'Essong' (tableau 3.5). Bien connaître les variétés, leurs cycles et les variations possibles, permet de mieux organiser les ventes. Planter dans le champ de petits carrés homogènes avec la même variété facilite le groupage des récoltes.

Tableau 3.5. Caractéristiques de quelques variétés de plantain en 1^{er} cycle dans un même contexte. (Source : Essai variétal en basse altitude (80 m), Carbap)

Variétés	'Essong'	'Big Ebanga'	'French Clair'	'Assugbegle'
H (cm)	427 ± 53	302 ± 37	294 ± 22	371 ± 9
C10 (cm)	92 ± 12	64 ± 7	67 ± 4	83 ± 3
FV	11,3 ± 2,5	12,7 ± 1,5	12,0 ± 1,0	8,0 ± 3,0
NRE	11,0 ± 3,0	8,4 ± 2,7	14,0 ± 2,0	14,0 ± 3,0
IPF (j)	443 ± 60	307 ± 38	407 ± 84	382 ± 29
IPC (j)	529 ± 60	389 ± 39	492 ± 84	468 ± 27
IFC (j)	86 ± 5	82 ± 5	85 ± 2	86 ± 5

H : hauteur ; C10 : circonférence au collet (10 cm du sol) ; FV : feuilles vivantes ; NRE : nombre de rejets émis ; IPF : intervalle Plantation-Floraison ; IPC : intervalle Plantation-Coupe ; IFC : intervalle Floraison-Coupe.

À intervalles de floraison-coupe du régime (IFC) identiques, les variétés géantes mettent plus de temps pour boucler leur premier cycle en comparaison des variétés de taille moyenne à petite. Toutefois, il peut arriver qu'un plantain de petite taille déroule un premier cycle relativement long : par exemple, 'French Clair' a un premier cycle de trois mois de plus que 'Big Ebanga' pour une taille pratiquement identique.

Influence du matériel végétal

Le cycle dépend du matériel végétal de plantation : rejet, vitroplant, vivoplant ou plant issu de fragment de tige (PIF). On utilise aussi des souches à rejet attendant ou des souches à œilleton, plus rarement en milieu paysan à cause de leur grand volume, de leur poids et des difficultés de manutention.



Différentes tailles de rejets sont utilisables. Certains producteurs plantent de grands rejets et d'autres préfèrent des petits. Les grands rejets ayant déjà réalisé une bonne partie de leur croissance végétative auront un cycle court (ou tronqué) si on les arrache et les replante, produisant un petit régime. Un producteur ayant obtenu des plants fleuris au champ entre cinq à six mois après mise en terre et sans fertilisation a utilisé de grands rejets.

L'utilisation de petits rejets est très répandue dans différentes zones de production. Ce matériel est plus facile à transporter dans des paniers appropriés, et les planteurs ont constaté que ces petits rejets donnent très souvent de bons régimes, avec bien sûr un temps plus long qu'avec les grands rejets. En effet, sur le plan anatomique, les jeunes rejets et les œilletons présentent un méristème apical de petite taille assez proche de celui observé chez les plants issus de graines au stade jeune ; le caractère juvénile de ce méristème se traduit extérieurement par l'émission rapide de larges feuilles pour assurer son autonomie à court terme. Les plants développés à partir de ce matériel dit « rajeuni » produiront un grand nombre de feuilles avant la floraison. Leur cycle sera plus long que celui des grands rejets évoqués ci-dessus.

Il est important de retenir que, dans un contexte donné et en dehors d'apports minéraux, plus le rejet est de petite taille, plus le cycle sera long. Les rejets de plantain bloqués à un stade de leur évolution, suite à une forte inhibition par le pied-mère, repartent le plus souvent avec un méristème apical réduit – dit « rajeuni » – ce qui entraîne un allongement relatif du cycle. Les grands rejets ont un premier cycle plus court, mais ils donnent des régimes moins gros pour cette première production. Leur séparation du pied-mère avant la mise en terre leur fait subir des modifications, sans doute profondes, au niveau d'un méristème apical caulinaire en fonctionnement plastochronique² bien établi avant l'arrachage.

Les vitroplants sont produits par culture *in vitro* et les vivoplants (PIF) par culture horticole *in vivo*. Dans ces deux processus, il y a une prolifération de jeunes bourgeons qui évoluent en plantules dont le comportement rappelle celui du matériel issu de graines. L'expression juvénile de la graine se manifeste généralement par la production de feuilles larges (pas de feuilles lancéolées sans limbe comme pour les rejets) et par des macules spécifiques sur les jeunes feuilles émises.

² En fonctionnement plastochronique établi : il s'agit de la période de la phase végétative où le plastochrone (temps de formation de deux ébauches foliaires successives au niveau du méristème apical) se stabilise et garde un rythme constant.



Cet aspect juvénile est également très prononcé avec les vitroplants et les vivoplants. Le passage de ces deux types de matériel par une phase d'endurcissement sous ombrière leur confère la capacité de se déployer au champ et de dérouler un cycle normal de la variété concernée. On peut donc s'attendre à de beaux régimes pour un cycle conduit dans les mêmes conditions que celles des rejets mentionnés plus haut.

Si l'on utilise un vitroplant ou un plant issu de fragments de tige, il faudra aussi tenir compte de cette particularité, car ce matériel n'est pas comme le rejet ordinaire. Bien accompagné dès la mise en champ, ce type de matériel peut se développer très rapidement et produire de très bonnes récoltes. Une bonne connaissance de chaque type de matériel de plantation utilisé est donc importante.



Photo 3.7.

Empaquetage des plants issus de fragments de tige dans les cartons.

© M. Kwa

Influence de la date de plantation et du régime des pluies

En l'absence d'irrigation, la date de plantation peut avoir un effet sur la longueur du cycle.

Une variété de bananier ayant un cycle de 12 à 13 mois plantée au début des pluies sous un régime monomodal de 6 à 7 mois pluvieux a réalisé plus de 50 % de son cycle au début de la saison sèche.



À ce stade la plante est potentiellement en phase d'incubation pour la mise à fleur. Mais l'arrêt des pluies entraîne une diminution progressive de la réserve d'eau disponible. Dans cette situation, le comportement du bananier peut évoluer.

1) Le rayonnement rouge sombre du spectre solaire permet à la plante « d'évaluer son environnement immédiat, ses chances de survie et de reproduction. Cela permet d'activer ou d'inhiber différentes fonctions physiologiques. » (Leroux, 2013). Ce rayonnement étant abondant en début de saison sèche, il peut induire au sein de la plante un message négatif qui la prédispose à accélérer sa phase de sénescence, le manque d'eau pouvant être interprété comme un signal de détresse annonçant la mort prochaine de la plante (donc chance de survie faible). Dans ce cas, la mise à fleur peut être enclenchée précocement, mais dans un contexte de manque d'eau et de ralentissement de la croissance ; le cycle est donc « tronqué » et l'inflorescence se développe avec beaucoup de difficultés hors du pseudotrunc pour donner à terme un régime maigre et non marchand.

2) Suivant l'état réel de la plante, le rayonnement rouge sombre pouvait aussi provoquer un stimulus positif visant à orienter la plante vers un état de dormance pour « préserver les acquis » (activation de la dormance pour assurer la survie). Ceci lui permettrait alors de traverser la saison sèche sans trop de dégâts, sans entrer en fleur jusqu'au retour des conditions favorables. La durée et l'intensité de la saison sèche ont un effet sur la durée de la reprise, entraînant un décalage de la période de l'initiation florale, ce qui naturellement allonge le cycle.

Que ce soit avec un régime de pluie monomodal ou bimodal, la problématique reste la même : comment orienter la production vers une période favorable au remplissage du régime en gardant le cycle connu de la variété à planter ? Quand planter dans l'un et l'autre cas ? Il faut d'abord connaître les caractéristiques de la variété (hauteur, circonférence à 10cm au-dessus du sol, nombre de feuilles émises, durée supposée du cycle, etc.), puis consulter les données pluviométriques pour déterminer les mois pluvieux, les quantités d'eau mensuelles, la pluviosité, etc. Ensuite, selon la période probable de la floraison, ne pas oublier que si la fleur « sort » en saison sèche, le régime sera petit, difficile à vendre. En l'absence d'irrigation, il est important de toujours planter de manière à avoir la fleur à une période où la plante ne subit pas de manque d'eau, sinon le régime sera rabougri et généralement d'un poids inférieur aux attentes. La disponibilité en eau, notamment par irrigation, garantit le bon remplissage du régime pendant les périodes sèches.



Influence de l'altitude

Le cycle dépend aussi de l'altitude. Pour une même variété, le bananier développe un cycle significativement plus long en moyenne altitude ($> 300\text{ m}$ et $\leq 650\text{ m}$) et en haute altitude ($> 700\text{ m}$), en comparaison d'une situation en basse altitude ($\leq 200\text{ m}$). Par exemple, l'«Essong» qui produit en 16 à 18 mois en plaine, met 20 à plus de 24 mois à 1200 m d'altitude. L'allongement du cycle en altitude est étroitement lié à la baisse de température et à la faible hygrométrie de l'air en zone froide. Dans ces conditions, le bananier pousse plus lentement. Toutes les phases de croissance et de développement de la plante s'allongent : le rythme d'émission foliaire est plus lent, l'accroissement de la hauteur et de la circonférence également.

Dans le cadre d'un essai fertilisation conduit sur trois sites à des altitudes différentes, on a constaté pour une même période d'observation que la croissance en hauteur et en circonférence n'avait pas la même intensité dans les trois sites (tableau 3.6). Alors qu'à 80 m d'altitude la hauteur moyenne des plants avait atteint près de 3,5 m pour le témoin non fertilisé, on a noté sur les autres témoins non fertilisés une différence de 0,9 m et 1,4 m en moins respectivement aux altitudes de 450 m et de 620 m. Les circonférences ont conservé à peu près les mêmes différences. Malgré une amélioration significative de la croissance par la fertilisation minérale dans tous les sites, on constate que les écarts entre les données de basse altitude et les deux autres altitudes restent importants même s'ils ont été quelque peu réduits. La croissance des plants est plus lente en altitude, et elle est d'autant plus lente que l'altitude est plus élevée. La variété suivie étant la même («Bâtard»), ces retards de croissance et de développement se maintiennent à la fin du cycle. En effet, au moment de ces observations, le taux de floraison était déjà à près de 7 % à 80 m pour le témoin non fertilisé, alors que dans les deux autres sites les plants étaient encore au stade végétatif.

Tableau 3.6. Effet de l'altitude sur la croissance et le développement des bananiers plantains. (Kwa *et al.*, 2014)

	‘Njombé’ (80 m)		‘Ekona’ (450 m)		‘Bafang’ (620 m)	
	H (cm)	C10 (cm)	H (cm)	C10 (cm)	H (cm)	C10 (cm)
Témoin (non fertilisé)	346,3	75,1	264,0	61,3	194,2	52,5
Avec engrais	383,0	86,9	354,5	72,3	255,2	62,1

H : Hauteur ; C10 : circonférence au collet à 10 cm du sol.



Le remplissage des fruits après floraison peut être plus lent encore lorsque des vents secs sont fréquents, car ils accentuent la déshydratation des fruits en altitude. Les IFC peuvent alors être très longs.

Un autre effet assez inhabituel de l'altitude a été observé sur le rejetonnage. En République démocratique du Congo, un essai conduit à quatre hautes altitudes (1066 m, 1412 m, 1815 m, et 2172 m) a permis de noter qu'au-delà de 2000 m, 'le pouvoir de rejetonnage des plantains augmente significativement en comparaison avec le rejetonnage obtenu en dessous de 1850 m d'altitude' (Sivirihauma *et al.*, 2016). On a obtenu par pied 9 à 11 rejets à 2172 m, 5 à 7 rejets à 1815 m, 3 à 4 rejets à 1412 m et seulement 2 rejets à 1066 m. À l'évidence, il y a encore beaucoup à découvrir sur le comportement des plantains, notamment ceux cultivés en haute altitude. Comme l'ont fait remarquer les auteurs de ce travail, il serait intéressant de cultiver ou d'expérimenter les variétés de plantain dans leur écologie d'origine ou d'adaptation pour mieux apprécier leur potentiel spécifique. Les interactions génotype-environnement peuvent aussi être mieux appréhendées dans de tels contextes.

Influence de la fertilisation

La fertilisation minérale et organique joue un rôle important dans le cycle de la plante. Cet effet est évalué sur différentes variétés cultivées dans un même site à basse altitude (80 m) (tableau 3.7).

Tableau 3.7. Effet de la fertilisation sur les caractéristiques variétales et le cycle des bananiers plantains. (Rapport d'activités scientifiques, Carbp, 2015)

Variété	Traitement	HT (cm)	C10 (cm)	FE	FV	IPF (j)	IPC (j)	IFC (j)	PdsR (kg)
'Bâtard'	Témoin	386	83,6	51,5	10,6	442	526	84	19,3
'Faux French'	Engrais	417	87,2	47,2	10,1	354	439	85	23,2
'Big Ebanga'	Témoin	337	70,5	48,6	10,6	399	476	77	9,7
'Faux Corne'	Engrais	347	74,0	42,4	9,4	319	397	78	10,8
'French Clair'	Témoin	328	71,8	44,9	10,1	359	444	86	15,7
'French'	Engrais	339	72,0	41,3	9,2	305	390	85	15,7

H : hauteur; C10 : circonférence au collet (10 cm du sol); FE : feuilles émises; FV : Feuilles vivantes; IPF : intervalle plantation-floraison; IPC : intervalle plantation-coupe; IFC : intervalle floraison-coupe; PdsR : poids du régime.

La fertilisation minérale influence presque toutes les caractéristiques du bananier, mais l'intensité de l'effet est fonction des variétés (tableau 3.7).



Sur les paramètres végétatifs, l'engrais a produit une augmentation sur les paramètres de hauteur (3 à 8 %), circonférence au collet (1 à 5 %). On note une amélioration du poids (11 à 20 %), mais l'aspect variétal intervient fortement. La variété 'Bâtard' a été plus sensible à la fertilisation que les deux autres. La fertilisation appliquée était du NPKS avec de faibles concentrations des éléments minéraux selon la formule (43,5 N/p/an + 5 P/p/an + 185 K/p/an + 7 S/p/an).

L'effet le plus intéressant de la fertilisation est apparu sur la longueur du cycle : une réduction par rapport au témoin de 86 jours pour le 'Bâtard', de 80 jours pour le 'Big Ebanga' et de 54 jours pour le 'French Clair'. Selon les variétés, le cycle a été raccourci de deux à trois mois environ. Cette réduction porte essentiellement sur la longueur de la phase végétative (IPF), l'IFC ayant été fixé au départ à 80 ± 2 j pour le 'Big Ebanga' et à 85 ± 2 j pour le 'Bâtard' et le 'French Clair'.

État sanitaire du matériel de plantation

Lorsque le matériel de plantation utilisé est prélevé dans de vieilles parcelles non traitées contre les ravageurs (nématodes et charançons), il est très souvent contaminé par des parasites. Si ce matériel n'a pas été bien préparé, on transfère ces parasites sur une nouvelle parcelle. Dans ce cas, s'il arrive à survivre à leurs attaques, on pourra récolter un 1^{er} cycle, peut-être aussi un 2^e cycle mais très difficilement un 3^e cycle. La durée de cette période s'étale en général entre deux ou trois ans en fonction des variétés et du niveau des infestations des parcelles au moment de la plantation.

Avec du matériel de plantation sain, sous certaines conditions, on peut cultiver le bananier de manière pérenne pendant plusieurs années (10 à plus de 15 ans) sur la même parcelle.



4. Innovations dans les systèmes de culture et de production

Les agriculteurs qui cultivent du plantain pratiquent différentes combinaisons (association, rotations) de cultures avec le plantain; elles sont issues des apprentissages historiques, des migrations humaines et des contraintes dans lesquelles ils se situent. Ces combinaisons s'observent à plusieurs échelles : la parcelle, l'exploitation, l'écosystème (bassin versant, zone écologique précise). On parle alors de «système de culture» pour qualifier les dispositifs de plantation et de succession des cultures dans le temps au sein du même espace.

En relation avec la configuration d'un système de culture, l'agriculteur peut utiliser des intrants produits sur l'exploitation (fertilisation organique,...) ou achetés (pesticide, herbicide, engrais) ainsi que des équipements techniques. Il mobilise donc du travail et de la terre. Les intrants et les équipements sont des *inputs* de la production. On appelle «système de production» une forme stabilisée et cohérente d'organisation de la production (intrants, terre, travail) qui qualifie la nature et le niveau d'usage de différents *inputs* et du travail. Ces formes d'organisations sociales de la production structurent ainsi des combinaisons de facteurs que l'on peut qualifier de modes de production et que les économistes étudient avec des fonctions de production. Les fonctions de production formalisent les modes de gestion de l'entreprise agricole suivant différentes formes d'agriculture (extensive, intensive, biologique, durable, écologique, etc.) pratiquées au sein de l'exploitation. Cette dernière peut être réduite à une parcelle (grande ou petite), ou couvrir un ensemble de parcelles ou même un territoire. Le système de production intègre donc les dimensions biologiques, physiques, socio-économiques, anthropologiques qui génèrent la production agricole. Ce chapitre analyse les spécificités des systèmes de culture et de production du bananier plantain et les principales dynamiques d'innovations.

Systèmes de culture

Le système de culture intègre la combinaison des cultures en présence, leur ordre d'introduction et leur position dans le dispositif de la



parcelle, et les techniques culturales mises en œuvre. Les producteurs ont des gestes techniques qui attestent une certaine logique et la maîtrise des espèces plantées et des itinéraires culturels qui leur sont familiers. Plusieurs systèmes de cultures peuvent se retrouver au sein d'une exploitation. L'unité d'analyse privilégiée d'un système de culture est la parcelle (grande ou petite). L'amélioration des connaissances sur le fonctionnement du bananier, ses particularités, les maladies et ravageurs, et les systèmes techniques sont un levier central des processus d'innovations que peut générer la recherche (scientifique, technique). Deux principaux systèmes de cultures dominent la gamme des associations et des rotations culturales dans lesquelles s'insèrent les plantains : multi-espèces et monoculture.

▮ Système multi-espèces dans un champ ou dans une exploitation

Dans la plupart des zones de production paysannes en Afrique de l'Ouest et du Centre, ces systèmes sont majoritaires. Ils sont caractérisés par leur complexité : plusieurs cultures associées, des arrangements spatiaux irréguliers (mais généralement pensés), des cultures incompatibles *a priori* dans le même espace (mais justifiées du point de vue paysan), des superficies généralement faibles, etc.

Ces systèmes concernent entre 75 et 90 % des agriculteurs. Les champs couvrent plus souvent entre 0,2 et 1 ha et un agriculteur peut en avoir deux à quatre.

Le nombre de cultures associées au plantain varie entre 5 et 30. Cette pratique est courante en Afrique, aux Antilles et en Amérique. Pour l'illustrer, des exemples au Cameroun, au Congo, au Gabon en Côte d'Ivoire, aux Antilles et en Guinée sont présentés.

Identification et représentativité des espèces associées dans différents contextes de production

Cas du Cameroun

Différentes spéculations (> 30) sont associées au plantain dans les champs. Leur fréquence (entre moins de 10 % et 90 %) dans les champs varie en fonction des zones agro-écologiques. À l'issue d'une enquête en 2007, on relève : macabo, présent dans 35 % de champs en zone monomodale (zone 1) et dans 90 % de champs en zone bimodale (zone 2) ; cacaoyer, 18 % en zone 1 et 57 % en zone 2 ; manioc, 12 % en



zone 1 et 45 % en zone 2 (tableau 4.1), etc. Ces variations démontrent la complexité des approches paysannes en fonction de l'écologie des zones et de leurs peuplements.

Au Cameroun, chaque combinaison observée sur les parcelles résulte de l'optimisation par le producteur des moyens disponibles (terre, disponibilité des rejets, travail, capital), des objectifs de sécurité alimentaire, de la perception des risques, des connaissances et compétences dans la maîtrise de la culture. On trouve des combinaisons avec uniquement des cultures vivrières, mais aussi des combinaisons de cultures vivrières avec des cultures fruitières arborescentes, des cultures vivrières avec des essences forestières ou d'autres cultures pérennes comme le cacaoyer et le caféier principalement (agroforêts) (Kwa *et al.*, 2009).

Dans les périmètres urbains, le plantain est associé avec des cultures légumières (morelle, amarante, tomate, gombo, aubergine, etc.) ou avec certaines plantes fruitières (ananas, papayer, etc.). Les producteurs testent dans leur environnement proche tout ce qui peut apporter un revenu complémentaire aux bananiers. Ainsi, de nouvelles cultures sont introduites progressivement dans les associations tant qu'elles présentent un intérêt économique.

Cas du Congo

Au Congo, une vingtaine d'espèces ont été trouvées dans les cultures associées. Dix-huit d'entre elles sont régulièrement associées au bananier plantain. Comme c'est le cas au Cameroun, ces associations sont variées et diversifiées. Elles peuvent comporter entre deux et huit spéculations différentes.

Des travaux en cours évaluent les meilleurs arrangements spatiaux avec les cultures vivrières ainsi que l'impact de ces associations sur le rendement du plantain et le contrôle du parasitisme. Certaines plantes associées au plantain contribuent au contrôle du charançon noir du bananier. D'autres associations réduisent la nuisance des nématodes par leur statut de culture non hôte de ce nuisible.

Jardin de case et associations du plantain aux cultures vivrières dans différents pays

Les systèmes multi-espèces présentent des variantes, surtout dans le nombre d'espèces associées et les raisons de ces associations. On en trouve des «fourre-tout», sans organisation précise, et d'autres assez stratifiés et/ou mieux organisés.



Tableau 4.1. Variations de quelques spéculations associées au plantain et fréquences dans deux zones agro-écologiques au Cameroun. (Kwa *et al.*, Rapport Reparac, 2009)

Zone à pluviométrie monomodale				Zone à pluviométrie bimodale			
Spéculations	Nombre de champs (%)	Spéculations	Nombre de champs (%)	Spéculations	Nombre de champs (%)	Spéculations	Nombre de champs (%)
Macabo	35,3	Poivrier	11,8	Macabo	90,0	Haricot	11,0
Cacaoyer	17,7	Igname	11,8	Cacaoyer	55,6	Igname	44,4
Piment	11,8	Concombre	56,0	Piment	44,4	Safoutier	11,0
Caféier	17,7	Gombo	6,0	Maïs	44,4	Agrumes	33,0
Manioc	11,8	Avocatier	6,0	Manioc	44,4	Pistache	11,0
Palmier	23,5	Maïs	6,0	Cocotier	11,0	Palmier	22,2
Papayer	11,8	Taro	6,0	Papayer	22,2	Taro	11,0



Le jardin de case est installé autour ou à proximité des maisons d'habitation ou des campements. Ses caractéristiques sont liées aux besoins et aux habitudes alimentaires des populations. C'est l'un des plus anciens systèmes de production vivrière, c'est aussi le reflet des traditions et de l'héritage culturel des populations. Par exemple, le jardin créole est le reflet de la culture créole, mélange d'influences amérindiennes, européennes, africaines, etc.

Le «jardin de case» est un moyen rapide d'accéder à certains produits importants d'utilisation quotidienne : plantes aromatiques, plantes médicinales, variétés de plantes en voie d'extinction et qu'on ne voudrait pas perdre, produits vivriers de base, arbres fruitiers très appréciés des enfants et/ou de la famille et essentiels pour la santé, nouveautés obtenues auprès de connaissances à tester avant de planter dans un champ en forêt, etc. Très souvent, les jardins de case bien établis présentent une très grande diversité. La taille de ces jardins est variable et dépend de la dynamique des familles et de la disponibilité en surface.

Dans les villages en Afrique et dans les Caraïbes (Boyer *et al.*, 2014) ainsi que dans les villes, les jardins de case peuvent couvrir : quelques mètres carrés (30 à 100 m² à l'intérieur de la concession selon l'espace disponible) ; plusieurs centaines de mètres carrés dans les villages autour des maisons (150 à 800 m²), ou plus dans des jardins à proximité des maisons non attenants à la concession (1 000 à 2 000 m²).

Aux Antilles et en Guyane, les jardins créoles, bien que considérés comme des garde-manger de la famille, couvrent généralement des superficies de moins de 200 m² (parfois jusqu'à 3 000 m²) et peuvent contenir plus de 12 espèces végétales herbacées, arbustives et arborées.

Ces jardins sont la plupart du temps entretenus par les femmes. L'association du plantain à des cultures vivrières est très souvent une initiative liée à l'activité des femmes au champ. Le plantain est une spéculation importante, mais les vivriers y sont dominants. La densité de plantain est donc faible (entre 100 et 800 pieds/ha).

Les principales cultures vivrières associées dépendent des pays, des habitudes alimentaires (valeurs ethniques), des milieux écologiques et des bassins de production. Quatre groupes de cultures (vivriers, fruitiers, cultures de rente et espèces forestières domestiquées) rassemblant au total près d'une cinquantaine d'espèces, ont été identifiés dans les jardins de case et les jardins créoles.

Pour les cultures vivrières : arachide (*Arachis hypogea*), amarante (*Amaranthus* sp.), aubergine (*Solanum melongena*), banane (*Musa* sp.),



canne à sucre (*Saccharum officinarum*), concombre (*Cucumis sativus*), courges (*Cucumis* spp.), gingembre (*Zingiber officinalis*), gombo (*Hibiscus esculentus*), haricot (*Phaseolus vulgaris*), igname (*Dioscorea* spp.), macabo (*Xanthosoma sagittifolia*), maïs (*Zea mays*), manioc (*Manihot esculenta*), melon (*Cucumis melo*), morelle noire (*Solanum nigrum*), niébé (*Vigna unguiculata*), oignon (*Allium cepa*) oseille (*Rumex acetosa*), patate douce (*Ipomea batata*), piment (*Capsicum frutescens*), pistache (*Cucumis marli*), poivron (*Capsicum annuum*), soja (*Glycine max*), taro (*Colocasia esculenta*), tomate (*Solanum lycopersicom*), voandzou (*Voandzeia subterranea*), autres cultures maraîchères, etc.

Pour les fruitiers : avocatier (*Persea americana*), les agrumes (*Citrus* spp.), ananas (*Ananas comosus*), cocotier (*Cocos nucifera*), papayer (*Carica papaya*), manguier (*Mangifera indica*).

Pour les cultures de rente : cacaoyer (*Theobroma cacao*), caféier (*Coffea canephora*), palmier (*Elaeis guineensis*), hévéa (*Hevea brasiliensis*), poivrier (*Piper nigrum*).

Pour les espèces forestières domestiquées : safoutier (*Dacryodes edulis*), colatiers (*Cola acuminata* et *Cola nitida*), etc.

Les variations des choix et des fréquences entre les zones soulignent l'importance de prendre en compte les valeurs ethniques, ethnobotaniques et socio-culturelles dans les études des associations culturelles.

Au Congo, plus d'une dizaine de cultures vivrières et plusieurs cultures maraîchères se retrouvent dans les associations. Les combinaisons inventoriées varient en fonction des départements. Les associations vivrières ont entre deux et huit spéculations différentes. Les départements du Kouilou, du Niari et de la Bouenza ont les exploitations les plus diversifiées (entre six et huit cultures vivrières dans les parcelles).

Au Gabon, au moins 21 cultures différentes ont été inventoriées dans les plantations ayant des cultures associées. Ce sont (sans ordre d'importance *a priori*) : ananas, arachide, arbres fruitiers, aubergine, canne à sucre, épinard, gombo, igname violette, légumes, maïs, manioc, morelle noire, oseille, patate douce, piment, piment sauvage, plantain, tabac, tomate, taro. Les six cultures les plus importantes retenues par les planteurs gabonais de la province du Woleu Ntem sont par ordre d'importance : 1. manioc, 2. banane, 3. arachide, 4. canne à sucre, 5. maïs, 6. ananas. Les bassins du Woleu Ntem et de la Raimboe développent la culture de bananier plantain dont certaines parcelles en culture pure. Dans la majorité des cas, les cultures sont associées et les choix sont



faits selon les préférences régionales. Les cultures fruitières et d'autres cultures d'intérêts économiques (tomate, hévéa, cacao) sont en cours d'introduction active dans certains bassins de production.

En Côte d'Ivoire, les cultures vivrières associées au plantain sont généralement valorisées dans le cadre des rotations culturales, notamment en tête de rotation. Ces cultures sont : l'arachide, l'igname, les légumes, le maïs, le riz (tableau 4.2).

Les rotations ici concernent le mode de succession des cultures dans la même parcelle. Par exemple en pays baoulé, les cultures d'entrée dans la parcelle sont l'igname et le bananier. Après récolte de l'igname, il ne reste sur la parcelle que le bananier. Puis, après un certain nombre de cycles d'exploitation des bananiers, on replante sur la même parcelle de l'igname. L'association bananier et igname n'est possible que la première année (en tête de rotation).

Tableau 4.2. Cultures vivrières associées au plantain dans les rotations en Côte d'Ivoire. (Source : Perrin, 2015)

Cycles de rotations	Zone concernée
Igname + bananier // bananier // bananier // bananier // bananier // igname	Pays Baoulé
Riz + bananier + légumes	Pays Dida – Divo
Igname + bananier // banane + cacaoyer // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // cacaoyer	Zones cacaoyères
Maïs + bananier // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // cacaoyer	Zones cacaoyères
Arachide + bananier // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // cacaoyer	Zones cacaoyères
Riz + bananier // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // bananier + cacaoyer // cacaoyer	Zones cacaoyères

En zone cacaoyère ivoirienne, le maïs et le bananier sont introduits en même temps en 1^{re} année. Après récolte du maïs, on introduit dans la même parcelle du cacaoyer. Ces deux cultures restent associées pendant quelques cycles (trois ou quatre), puis le bananier disparaît ; seul le cacaoyer restera dans la parcelle. Dans ce cas, il y a deux associations successives (bananier-maïs, et bananier-cacaoyer), puis la culture pure du cacaoyer. Les cultures souvent associées au bananier



en première année peuvent rester plus longtemps ou y être réintroduites tant qu'aucune plante pérenne n'est introduite (voir le cas de la succession riz – bananier – légumes, tableau 4.2).

Dans l'exemple de la Côte d'Ivoire, les associations avec le bananier sont possibles à la première mise en valeur de la parcelle, puis au cours des trois ou quatre ans suivants après introduction des cacaoyers.

En Guinée (Conakry), les principales cultures vivrières associées au bananier plantain sont : des bananes dessert, des bananes à cuire, des haricots, du manioc, du riz. Souvent en deuxième année, on peut introduire de la patate douce dans le dispositif. Ces associations sont préférentiellement réalisées en Guinée forestière. Toutefois, ces dernières années, de nouvelles expériences sont conduites notamment en Guinée maritime avec de nouvelles cultures comme le concombre, le niébé, la pastèque, le piment.

On note donc une plus grande diversité de cultures vivrières associées au plantain au Cameroun (au moins 18 cultures) qu'au Gabon et au Congo (une dizaine), en Côte d'Ivoire (5 spéculations) et en Guinée (5 ou 6 spéculations). Les systèmes «bananier plantain – cultures vivrières» sont modulables en fonction des populations, des habitudes alimentaires, des aspirations économiques, des potentialités naturelles et du dynamisme des populations locales. La biodiversité dans les systèmes plantains en association avec des cultures vivrières suit un gradient décroissant de l'Afrique centrale vers l'Afrique de l'Ouest. Des échanges scientifiques entre la sous-région Afrique centrale et la sous-région Afrique de l'Ouest devraient être amplifiés : un certain nombre de variétés de plantain actuellement utilisés ('Bâtard', 'French', 'FHIA 23', 'CRBP 39', différentes bananes à cuire, etc.) ont été introduites en Afrique de l'Ouest à travers des actions de partenariat entre les Centres régionaux et internationaux de recherche (CRBP, Carbab, IITA) et les institutions nationales de recherche de cette sous-région.

On peut constater que beaucoup de producteurs procèdent par des «essais-erreurs» pour faire évoluer leurs pratiques. Cependant des essais ont été conduits ces dernières années dans quelques pays sur des associations binaires de plantain avec du manioc ou du niébé, du maïs, de la patate douce. Le plantain est chaque fois considéré comme la culture principale. En Afrique, il a été démontré que les cultures intercalaires, à l'exception du niébé, ont une action négative sur la production du plantain. Ce point demeure important, car on note par exemple qu'une association comme celle du bananier plantain avec du manioc continue à être pratiquée par beaucoup de planteurs.



En outre, comme le soulignent par ailleurs Camara *et al.* (2010), il est nécessaire de réaliser un diagnostic agronomique précis des systèmes vivriers en place pour mieux comprendre les cycles de reconstitution de la fertilité du sol.

Des expérimentations appropriées devraient être conduites afin d'améliorer les connaissances des producteurs.

Les associations de culture multi-espèces

Deux grands types d'associations multi-espèces avec le bananier peuvent ainsi être définis : l'association « plantain-cultures alimentaires » et l'association « plantain-plantes pérennes ». Le premier type présente une seule modalité, et le deuxième est décliné en cinq variantes.

Association du plantain et des cultures alimentaires

Le plantain est très souvent associé à une gamme très large de plantes vivrières destinées à l'alimentation des populations. Cette forme d'association peut contenir des « binômes » compatibles (pas de concurrence sur les besoins nutritionnels) ou contenir une grande diversité d'espèces végétales plantées dans une parcelle sans souci préalable de compatibilité. Les densités et les modalités d'association sont également très variées, avec des fonctions très différentes allant de la complémentarité technique dans les systèmes de culture (gestion de la fertilité ou de l'ombrage) aux simples bornages de parcelles (riz). Ces fonctions peuvent aussi concerner l'optimisation des calendriers de travaux ou alimentaires. Selon le milieu exploité, le plantain se trouve associé aux racines tubérisées (manioc), aux tubercules (macabo, taro, patate douce, igname, etc.) aux légumineuses (arachide, voandzou, haricot, niébé, soja, 'Ngon', etc.), à certaines céréales (maïs, riz, etc.), aux plantes légumières utilisées en cultures maraîchères (amarante, aubergine, gombo, morelle, piment, poivron, tomate, etc.).

N.B. Les parcelles destinées à cette forme d'association sont souvent déjà bien ouvertes avec très peu d'ombrage. Lorsqu'elles sont installées pour la première fois en zone de forêt, les parcelles concernées sont généralement nettoyées par le brûlis.

Association du plantain et des cultures pérennes

Ce système peut se décomposer en cinq modes d'association dominants.

Plantain et cultures de rente : cacaoyer, caféier, hévéa, palmier, poivrier

Les cultures de rente considérées ici sont : cacaoyers, caféiers, hévéas, palmiers, poivriers. La notion de culture de rente renvoie à son rôle



principal comme culture générant des ressources monétaires aux niveaux de l'exploitation ou de l'État. Le plantain dans ces associations a un rôle complémentaire secondaire. Cette forme d'association est présente dans toutes les zones de présence de plantain où ces cultures de rente se sont développées. Une fonction principale du plantain avec le cacaoyer est souvent de servir d'ombrage aux jeunes plants pendant deux à trois ans avant de disparaître. Le plantain fournit alors les revenus permettant d'attendre l'entrée en production de la plantation principale. Il peut être associé aussi aux jeunes plantations de caféiers, d'hévéas, de palmiers à huile, de poivriers. Certains dispositifs de plantation (voir écartements plus grands) permettent aussi de maintenir le bananier plus longtemps dans l'association.

Plantain et cultures fruitières

Le plantain est aussi associé à diverses espèces fruitières pérennes ou semi-pérennes : ananas, cocotier, papayer, agrumes, avocatier, kolatier, manguier, safoutier, et autres (ramboutan, corossolier,...). Les combinaisons et le système technique sont variables selon les localisations et les agriculteurs. Avec les ananas, les bananiers sont souvent placés autour d'un carré de monoculture d'ananas. Avec les papayers, ils sont plutôt placés en intercalaire. Pour tous les autres fruitiers, les arrangements spatiaux sont variables en fonction du type d'arbres et de la fonction économique du plantain (revenu de contre-saison) dans l'association à la culture fruitière (agrumes, ananas, papayer). Le plantain peut ainsi être associé dans des systèmes agroforestiers complexes.

Plantain, cultures de rente et cultures fruitières

Le plantain se retrouve au sein de mélanges d'arbres fruitiers (agrumes, avocatier, corossolier, kolatier, manguier, etc.) ou de plantes fruitières (ananas, papayer, etc.) avec des cultures de rente (cacaoyer, caféier, hévéa, palmier à huile). Dans certaines régions, cette association connaît un développement rapide ces dernières années, du fait qu'elle offre plus de possibilités de rentrées financières régulières et plus de flexibilité, notamment avec les cultures fruitières dont les saisons de production sont variées (papayer, agrumes, ananas). Les plantains sont plantés soit en intercalaire, soit en corridor autour des cultures de rente associées aux cultures fruitières. Ce type d'association a été observé dans plusieurs zones de production en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Par exemple, en Guinée maritime, on a recensé des associations banane plantain – kolatier – manguier - avocatier – palmier ; en Guinée forestière, bananier – banane plantain – caféier – cacaoyer – kolatier – palmier naturel – hévéa.



Plantain et arbres forestiers

Le plantain a souvent été utilisé comme une des premières plantes permettant la mise en culture d'une forêt car il peut supporter un léger ombrage. Pour installer ce type d'association (arbres forestiers et plantain), le plantain est introduit après abattage sélectif d'arbres en laissant sur pied différentes essences forestières connues, ayant des propriétés médicinales et/ou nutritionnelles, des usages culinaires ou industriels. En cas de faible présence d'essences forestières utiles, ces dernières peuvent être réintroduites à partir des pépinières de domestication. Ce type d'agroforesterie permet de réduire les formes d'exploitations intensives et destructrices de la biodiversité. Ce modèle d'association joue donc un rôle important dans la conservation des ressources génétiques d'origine forestière.

Plantain, cultures vivrières et plantes pérennes

En raison de la diminution des espaces exploitables dans les zones de production, de l'éloignement de certaines terres vierges intéressantes et de la faible capacité d'investissement des agriculteurs, on constate une progression significative dans la création des plantations polyvalentes associant plantain, plantes pérennes et vivrières. En plus des cultures alimentaires (voir le type d'association plantain-cultures alimentaires), le planteur exploite des plantes pérennes de rente ou fruitières et/ou des essences forestières diverses. Les dispositifs de plantation peuvent être sans logique d'occupation de l'espace, par exemple dans le cas de terrains litigieux ou en phase de densification rapide en vue d'un bornage. Ils peuvent être aussi organisés en fonction du niveau de compétence, de la formation, des informations issues des bases de données reçues par les planteurs ou du capital social constitué par l'héritage familial.

Ce système présente globalement la plus grande diversité d'espèces. Le degré de complexité final est atteint après plusieurs années d'introductions successives. Bien géré, ce système peut être exploité en continu.

■ Monoculture de plantain

La monoculture de plantain concerne en moyenne 10 % des superficies de plantain dans différentes zones de production en Afrique centrale (Kwa *et al.*, 2007; 2014).

Les bananeraies de plantain sont rarement monovariétales. Elles comprennent très souvent entre deux et six variétés, mais elles peuvent dans certaines situations exceptionnelles associer plus d'une dizaine de variétés sur une même parcelle (cas de certains planteurs expérimentateurs).



N.B. : La plupart des plantations de plantain en monoculture en zone de forêt ont été installées après brûlis de la parcelle. Cette pratique constitue une faiblesse pour les monocultures, car elle conduit à un appauvrissement rapide des sols, surtout en zones de forte pluviosité. Mais la sensibilisation progressive des agriculteurs sur les dégâts occasionnés par le brûlis a conduit à une réduction de cette pratique dans certains bassins de production où les planteurs sont conseillés sur les approches plus écologiques.

Cette diversité variétale peut être expliquée par le manque de disponibilité de matériel végétal homogène dans une seule variété aux moments des plantations. C'est aussi parfois le choix des agriculteurs en relation avec leurs habitudes alimentaires [en raison des caractéristiques organoleptiques et physiques (pulpe ferme ou molle) de certaines variétés], ou des événements culturels rituels (certaines variétés sont associées à des rites traditionnels spécifiques). Une autre cause intentionnelle de cette diversité variétale peut être la gestion des risques phytosanitaires en relation avec la pression de certaines maladies, et l'accroissement des instabilités climatiques.

Considéré comme plus productif que le système de cultures associées, le système de conduite en monoculture a aussi de nombreux inconvénients : forte consommation d'engrais et de pesticides pour maintenir la production et la productivité, risques de nuisances environnementales à travers les résidus des pesticides et des pollutions diverses (air, sol, nappe d'eau, etc.). Souvent conduit sur sol nu, il y a d'importantes pertes de sol et d'éléments fertilisants pendant les périodes pluvieuses. Toutefois, le développement de nouvelles techniques utilisant « les plantes de service » peut permettre de réduire l'impact négatif des pluies sur le sol.

Ce système a une très faible résilience, sa durabilité ayant été presque toujours maintenue à l'aide de fumures massives et de traitements phytosanitaires – dont l'absence entraînerait une baisse importante de la production et l'abandon des parcelles après trois années de culture.

■ Densités pratiquées dans les systèmes de culture traditionnels à base de plantain

Globalement, plus de 30 % des producteurs pratiquent un écartement de 3 m × 3 m (tableau 4.3). Dans 67 % de cas cet écartement est le plus utilisé au Cameroun, au Congo, en République démocratique du Congo, au Togo. On pratique un écartement de 5 m × 6 m (20 % des cas) au Bénin, de 3 m × 2 m au Ghana (65 %). Dans l'ensemble des pays, le deuxième écartement le plus pratiqué est de 4 m × 4 m (13,2 % en moyenne).



L'écartement standard (3 m × 2 m) recommandé par la recherche couvre seulement 13 % des parcelles en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Toutefois, les planteurs n'appliquent pas rigoureusement les densités recommandées par la recherche-développement. Des improvisations raisonnées pourraient donc être à l'origine de ces multiples écartements et densités qui seraient plus en relation avec le choix des plantes associées dans les plantations. Également, lorsque les planteurs ont pris du retard dans la mise en place d'une activité (création de la bananeraie par exemple), ils se soucient généralement peu des protocoles (alignement, espacement, bonne trouaison, etc.). Les unités de mesure deviennent alors le nombre de pas, le coup d'œil, le *feeling*, etc.

Tableau 4.3. Densités pratiquées en Afrique de l'Ouest et du Centre et leur importance relative. (Kwa *et al.*, 2014).

Écartements	Densités (plants/ha)	%	Pays
3 m × 3 m	1 111	30,2	Bénin, Cameroun, Congo, Ghana, République démocratique du Congo, Togo
4 m × 4 m	625	13,2	Bénin, Cameroun, Congo, Ghana, République démocratique du Congo, Togo
3 m × 2 m	1 667	12,8	Bénin, Cameroun, Ghana
2 m × 2 m	2 500	9,4	Bénin, Cameroun, Congo, Ghana, République démocratique du Congo, Togo
2,5 m × 2,5 m	1 600	6,8	Bénin, Cameroun, Congo, République démocratique du Congo, Togo
5 m × 5 m	400	6,7	Bénin, Cameroun, Congo, Ghana, République démocratique du Congo, Togo
4 m × 3 m	833	5,1	Bénin, Cameroun, Congo, République démocratique du Congo, Togo

Les densités allant de 1 600 à 4 400 pieds/ha seraient plus utilisées pour les monocultures de plantain, tandis que les densités plus faibles allant de 100 à 1 100 pieds/ha sont pratiquées dans les systèmes de cultures associées. En Guinée par exemple, dans les associations avec les cultures vivrières les densités de plantain sont de 600 à 800 pieds/ha. Lorsque les densités de plantain sont comprises entre 100 et 625 pieds/ha, il peut s'agir plus spécifiquement des associations bananiers plantain-cultures vivrières-cultures pérennes ou des associations plantain-cultures fruitières-cultures de rente ou de plantain-cultures pérennes. Pour les associations plantain-caféier-cacaoyer-kolatiér-cultures pérennes, on observe généralement des densités de bananier plantain allant de 100 à 150 plants/ha.



Considérant l'ensemble des densités inventoriées au sein des exploitations paysannes et pour avoir une meilleure lisibilité des pratiques, une typologie à cinq variantes (tableau 4.4) a été définie. Il en ressort que plus de 62 % des exploitations pratiquent des densités faibles à moyennes, ce qui limite la productivité du bananier plantain, malgré de bons régimes produits. Le module de formation sur la conduite de la bananeraie (choix du terrain, préparation de la parcelle, choix des variétés, mise en terre, fertilisation, gestion des maladies et des ravageurs, etc.) devrait contribuer à l'amélioration des choix de densités en fonction des objectifs de production.

Tableau 4.4. Typologie des densités et leur représentativité en Afrique de l'Ouest et du Centre. (Kwa *et al.*, 2014)

	Densité faible : de 69 à 850 plants/ha	Densité moyenne : de 1 000 à 1 400 plants/ha	Densité standard : de 1 600 à 2 000 plants/ha	Densité élevée : de 2 500 à 10 000 plants/ha	Autres densités
% de champs	27,4	35,5	21,6	10,7	4,8

Avec des densités faibles, ce qui suppose de grands écartements entre les bananiers, le planteur doit cibler un complément de cultures compatibles avec les bananiers pour valoriser les espaces entre les plantes et optimiser l'usage de la terre. Associés à une bonne gestion de l'espace, les apports de la gestion intégrée de la fertilité et des aspects de lutte intégrée contre les maladies et ravageurs (*Integrated Pest Management*) devraient conduire à une amélioration de la productivité des parcelles concernées. Également, des recherches sur de nouveaux arrangements des cultures associées optimisant les traits fonctionnels permettront aussi d'affiner les écartements et les densités dans les associations à base de plantain.

Innovations pilotées par les systèmes de cultures

III Plantes de services dans les associations avec des bananiers plantain

Une plante est dite «de service» lorsqu'elle apporte à une culture principale d'un agrosystème un ou plusieurs services écosystémiques : contrôle de mauvaises herbes, régulation des bioagresseurs, contribution



à l'amélioration de la fertilité et de la stabilité des sols par apport de matière organique et/ou d'éléments fertilisants, etc. Les systèmes de cultures de bananier plantain d'Afrique sont des agrosystèmes généralement plurispécifiques qui contiennent donc une forte biodiversité. Quand le plantain est considéré comme la plante principale, différentes plantes associées peuvent jouer un rôle de « plante de service » sans toutefois être reconnues dans ces fonctions. Dans les agrosystèmes où le plantain est une culture secondaire, il peut lui aussi devenir une plante de service potentielle auprès de la plante principale.

Ce concept a induit l'étude des traits fonctionnels des cultures en présence dans les associations (port, surface foliaire, ramification et profondeur d'enracinement, etc.), mais aussi de leurs besoins nutritionnels et de leurs phases critiques, afin de pouvoir comprendre et expliquer les raisons qui pourraient justifier les associations pratiquées par les agriculteurs. L'étude des traits fonctionnels des cultures en présence dans les associations permettra d'identifier leurs services écosystémiques possibles dans chaque cas; elle permet aussi de découvrir la logique des associations pratiquées par les agriculteurs. La hiérarchisation des services identifiés peut orienter la simplification et l'optimisation de l'association en tenant compte des contributions réelles et potentielles des cultures en présence à travers leurs traits fonctionnels.

Les avancées actuelles sur les plantes de service portent essentiellement sur des plantes susceptibles d'être introduites dans les bananeraies (tableau 4.5). Le nombre de plantes de service identifiées est faible : *Pueraria phaseolides*, *Catharanthus roseus* (pervenche de Madagascar), *Stylosantes gracilis*, *Brachiaria* sp., etc. Elles sont généralement utilisées ou testées dans les monocultures (cas de *Brachiaria* testé au Cameroun et au Gabon dans les bananeraies dessert et avec du plantain). *Catharanthus roseus* et *Pueraria phaseolides* semblent plus utilisés aux Antilles.

Des travaux récents (2012 à 2016) effectués au Cameroun et le suivi des parcelles d'expérimentation en milieu paysan ont permis d'inventorier quelques plantes potentielles (*Chromolaena odorata*, *Mimosa invisa*, *Asystasia gangetica*) et diverses plantes légumières susceptibles d'être valorisées comme plantes de service. Elles ont été identifiées dans des bananeraies locales (surtout *Chromolaena*, *Asystasia*, quelques plantes légumières), mais aussi dans les jachères (*Chromolaena*, *Mimosa*, *Asystasia*, etc.). Quelques traits fonctionnels ont été étudiés (capacité de couverture du sol, contribution aux apports minéraux et organiques, abondance et fréquence, etc.). Ces plantes font déjà partie des



pratiques des agriculteurs qui, après récolte des vivriers, les tolèrent dans les champs pour leur capacité à améliorer la porosité du sol par leur système racinaire ainsi que leur contribution à l'enrichissement en matière organique. En outre, elles empêchent la prolifération d'autres adventices plus difficiles à contrôler. Elles ne sont pourtant pas considérées comme des plantes de service, une notion que les agriculteurs ne connaissent pas *a priori*. La recherche a donc un intérêt stratégique à développer aussi des travaux sur les plantes de service dans les systèmes de cultures de bananiers traditionnels.

Tableau 4.5. Plantes de service utilisées et potentielles. (Chauvin, 2015; Chabrier *et al.*, 2005; Dammour *et al.*, 2014; Rapports d'essais divers, Coraf-Plantain, 2012-2014, Projet MAB Fertilité des bananeraies, 2016-2017)

Plantes utilisées	Situation	Plantes potentielles	Situation
<i>Pueraria phaseolides</i>	En cours de validation	<i>Chromolaena odorata</i>	Études partielles de traits fonctionnels dans les associations
<i>Stylosantes gracilis</i>	En cours de validation	<i>Mimosa invisa</i>	
<i>Catharanthus roseus</i>	En cours d'utilisation	<i>Asystasia gangetica</i>	
<i>Brachiaria</i> sp.	En cours de validation	Plantes légumières diverses	

■ La culture du bananier plantain en touffe

C'est une pratique assez répandue dans les systèmes traditionnels de culture du bananier plantain. Le planteur laisse se développer plusieurs rejets sur chaque souche. Les touffes semblent plus stables en comparaison des chutes multiples observées dans les bananeraies œilletonnées malgré le tuteurage ou le haubannage.

Les densités pratiquées dans les champs sont plus faibles à la plantation (400-500 pieds/ha). Plus tard, elles peuvent atteindre ou dépasser 3000 à 4000 pieds/ha suite au développement des touffes (Kwa *et al.*, 2007; 2014).

Les touffes ont un retour cycle plus rapide, plusieurs rejets-frères pouvant produire à la suite. De plus, une légère fertilisation permet d'avoir des régimes normaux, le rendement global par pied étant assez élevé. En outre, les espacements des touffes permettent les cultures intercalaires qui contribuent à l'amélioration du rendement



de la parcelle. Pour le moment, ce système est largement valorisé dans les jardins de case où les bananiers reçoivent régulièrement les déchets organiques des ménages ainsi que dans les grandes plantations avec de faibles densités au démarrage, dans une optique de sécurisation des terres.

▮ L'innovation culturelle par la haute densité

La culture du plantain à haute densité est une innovation qui a émergé en Colombie à partir des années 1980 dans le cadre de conduite en monoculture. Le plantain est cultivé en haute densité (≥ 2500 pieds/ha) non plus comme une culture pérenne suivie sur plusieurs cycles, mais comme une culture annuelle sur un cycle unique, suivi d'une replantation sur la même parcelle. Elle procède par la plantation échelonnée de blocs homogènes. Largement pratiquée en Amérique latine et dans les Caraïbes, cette innovation a été diffusée en Afrique de l'Ouest et du Centre, au cours des années 2000.

Pour le producteur, les avantages de la haute densité sont entre autres :

- l'augmentation importante du rendement et l'optimisation des coûts de production pour assurer une meilleure rentabilité ;
- une production ajustée à la demande grâce à la mise en œuvre d'une gamme de mesures allant de l'échelonnement de la plantation à la récolte du produit pendant les périodes de très forte demande et/ou de prix de vente élevé sur le marché ;
- un revenu complémentaire tiré du plus grand nombre de rejets disponibles utilisables en tant que matériel de plantation d'excellente qualité ;
- la réduction de l'incidence et de la sévérité de la maladie des raies noires et des parasites des racines et du sol, en raison de la modification de certaines conditions micro-environnementales (humidité et température) ;
- la réduction des risques de destruction des plantations (vent, tempête, inondation, etc.) grâce à l'échelonnement de la plantation ;
- un système de production intégrant les concepts de l'agriculture durable ou de l'agro-écologie à ceux de la production intensive tout en rationalisant les intrants.

Choix de la densité de plantation et cultivars

La haute densité est de l'ordre de ≥ 2500 pieds/ha quelle que soit la variété de plantain. Le plafonnement est à 4000 pieds/ha.



Le poids des régimes est très proche de celui obtenu en système traditionnel, l'avantage étant que le tonnage obtenu avec la haute densité est largement supérieur par unité de surface.

D'après les essais, pour les grands cultivars, les meilleures densités sont entre 2 500 et 3 300 pieds/ha, selon la luminosité.

Pour les petits cultivars, les densités de culture peuvent être plus élevées que pour les grands cultivars : 4 000 plants/ha en bonnes conditions de lumière (zone caribéenne).

En zone moins lumineuse d'Amérique centrale et du Sud, il ne faut pas dépasser 3 200 plants/ha plantés en double sillon.

Les cultivars nains sont moins tolérants aux conditions défavorables et produisent les fruits plus petits que les grands cultivars, il leur faut donc de bonnes conditions de sol, de climat et de gestion.

Densités et arrangements spatiaux

En haute densité, il existe de multiples combinaisons d'arrangements spatiaux en simple sillon ou double sillon. Les densités peuvent être adaptées selon les besoins et les préférences de chacun (tableau 4.6).



Photo 4.2.

Plantation de plantain en haute densité : 2 500 pieds/ha. © M. Kwa



Tableau 4.6. Densités et arrangements spatiaux pour haute densité.
(D'après Rosales *et al.*, 2010).

Écartements	Surface par plant (m ²)	Arrangement spatial	Densité de plantation (plants/ha)
2,0 m × 2,0 m	4,00	Simple sillon	2500
2,5 m × 1,6 m	4,00	Simple sillon	2500
2,75 m × 1,25 m	3,44	Simple sillon	2909
2,5 m × 1,30 m	3,25	Simple sillon	3077
3,0 m × 1,0 m	3,00	Simple sillon	3333
3,0 m × 2,0 m × 1,6 m	4,00	Double sillon	2500
3,0 m × 2,0 m × 1,4 m	3,50	Double sillon	2857
4,0 m × 1,0 m × 1,25 m	3,10	Double sillon	3200
3,0 m × 2,0 m × 1,2 m	3,00	Double sillon	3333
3,0 m × 2,0 m × 1,0 m	2,50	Double sillon	4000

Innovations dans les systèmes de production

Les processus d'innovations techniques peuvent se définir comme des changements des itinéraires techniques et de mode de production. Ils résultent de la mobilisation complémentaire des capacités de formation, d'informations, d'apprentissages, d'expérimentation, de recherche et d'action collective (Faure *et al.*, 2018). Ils résultent aussi de l'élaboration de nouveaux intrants (variétés, engrais), équipements (transport, mécanisation, numérisation). Ainsi par exemple, les résultats de recherches participatives ont permis, par des expérimentations localisées, de définir des normes d'usages pour optimiser l'utilisation de ressources locales pour la fertilisation du bananier plantain (tableau 4.7).

On observe chez les paysans des pratiques de valorisation de la matière organique de sources diverses, à une échelle de proximité. En règle générale, les quantités utilisées sont faibles. Les agriculteurs peuvent se servir des innovations suivantes pour améliorer leurs performances grâce à une meilleure valorisation de la matière organique dans leurs exploitations. Elles ont été développées grâce au tandem chercheurs-agriculteurs, entre 2010 et 2014 dans différents bassins de production du plantain des pays suivants : Togo, Ghana, Bénin, Cameroun, Congo, République démocratique du Congo.

**Tableau 4.7.** Innovations performantes pour améliorer les pratiques de gestion de la fertilité. (Source : Kwa *et al.*, 2014)

Conditions de valorisation de ressources locales pour fertiliser le bananier plantain	Caractéristiques
1 La fiente de poule combinée à l'engrais minéral	5 kg fiente de poule dans le trou + engrais minéral (65 N+45 P+180 K+60 S) appliqué en surface/plant/cycle
2 La fiente de poule	1,5 à 10 kg fiente de poule /plant, en 3 apports
3 La crotte de chèvre	10 kg crotte de chèvre /plant en 3 apports
4 Les déjections de porcs	10 kg déjections de porcs /plant en 3 apports
5 Association arachide – plantain + enfouissement des fanes après récolte de l'arachide	Fanes d'arachides récoltées sur 6 m ² enfouies autour du bananier
6 Association niébé – plantain + enfouissement des fanes après récolte du niébé	Fanes de niébé récoltées sur 6 m ² enfouies autour du bananier, soit 300 g/pied
7 Les émondes de <i>Glyricidia sepium</i>	5 kg d'émondes non enfouies étalées autour du pied de bananier en 3 apports
8 Les émondes d' <i>Acacia auriculiformis</i>	10 kg d'émondes enfouies autour du pied de bananier en 1 fois
9 La parche de café	10 kg de parche de café dans le trou/plant au <i>planting</i> en 1 apport
10 Association niébé – plantain	5 lignes de niébé semées (50 × 50 cm) entre deux lignes de plantain (3 × 2 m)
11 Association <i>Cajanus cajan</i> – plantain	5 lignes de <i>C. cajan</i> semées (1 × 1 m) entre deux lignes de plantain (3 × 2 m)
12 La cabosse de cacao décomposée	10 kg de cabosse de cacao décomposée dans le trou/plant à la plantation
13 Les feuilles vertes de <i>Tithonia diversifolia</i>	8 kg de feuilles enfouies autour du plant en 4 apports
14 Les feuilles de <i>Tithonia</i> + insecticide (Terbuphos)	2 kg de feuilles enfouies autour du plant + 30 g d'insecticide
15 Les feuilles de <i>Tithonia</i> + engrais minéral	2 kg de feuilles enfouies autour du plant + 100 g NPK

Afin de documenter les conditions d'une intensification durable des systèmes de production paysans, il est nécessaire d'analyser les conditions d'adoption des innovations et de leur impact. Ces études permettent de cibler les besoins de formation pour renforcer les



capacités d'expérimentation des agriculteurs et de mettre à leur disposition les ressources nécessaires pour faciliter leur appropriation des nouvelles technologies.

L'intensification des systèmes de production du plantain résulte de la convergence entre l'évolution des contraintes socio-économiques et techniques que rencontrent les agriculteurs (variables selon les localisations), les incitations créées par les politiques publiques, les entreprises et les propositions des institutions de recherche.

▮ Des systèmes de production dominants extensifs

Une partie de la production de plantain est produite sur les fronts pionniers (culture du sous-étage forestier ou pour ombrage des jeunes plantations de cacaoyers). Les systèmes de production dominants y sont encore très « extensifs » au regard de la faible utilisation d'intrants de synthèse (pesticides, engrais) et d'une faible intensité du travail à l'hectare. En prenant pour indicateur une parcelle de monoculture, les référentiels technico-économiques montrent des rendements moyens de 4 à 7 t/ha dans les bassins de production en Afrique et dans les Caraïbes (Temple, 1995; 2015). Pourtant, les limites techniques de production se situent en station de recherche autour de 30 à 45 t/ha voire plus (Kwa *et al.*, 2003). Une explication à ce caractère extensif est la « bonne » productivité économique du travail (par comparaison avec les systèmes intensifs) dans des itinéraires techniques fondés sur la valorisation des ressources naturelles (fertilité, absence de parasites). Dans un contexte de petite agriculture familiale, de faible pression démographique, de faible recours aux financements (faiblesse des revenus et inexistance du crédit rural) pour acquérir des intrants, les agriculteurs valorisent le facteur de production le plus disponible (par rapport au capital), c'est-à-dire le travail. La faiblesse des rendements peut s'expliquer selon les situations par différentes raisons :

- choix de variétés à faibles rendements mais recherchées pour leurs qualités organoleptiques spécifiques, leur importance culturelle ;
- faibles densités dans les parcelles en monoculture récemment mises en valeur en forêt, où le sol est encombré suite à l'abattage des arbres ; ou bien cacaoyères arrivant à maturité où le plantain devient résiduel ;
- impacts des maladies, du parasitisme tellurique, et importance des pertes au champ liées à des chutes provoquées surtout par le vent ;
- faible usage d'intrants chimiques (engrais, pesticides,...) dans des petites structures de production familiales soumises à de fortes contraintes de trésorerie.



Encadré 4.1 Mode de plantation dans le sud-Cameroun

Dans le sud du Cameroun, les systèmes de cultures vivriers sont regroupés sous l'appellation «*Afub bibi*» ou le «champ de nourriture» ou le système «*esep*», c'est-à-dire «une parcelle de front pionnier». C'est donc un champ de défriche brûlis dans une forêt primaire ou une jachère très âgée. Le plantain sert de culture de mise en valeur de la forêt. Sa culture après défriche est justifiée par la facilité de mise en place (simple trouaison, ne nécessitant pas un grand travail du sol avant la plantation). Par ailleurs, le bananier supporte bien un léger ombrage qui bloque le développement d'adventices. Le bananier est planté six mois après le brûlis en association parfois avec du *ngon* (une cucurbitacée encore appelée «pistache»). La pratique du brûlis diminue les temps de désherbage et de débroussaillage nécessaires à la future plantation potentielle de cacaoyer. Dans certains cas, à la fin du cycle de ce champ (trois ans), on plante de l'arachide et on «abandonne» progressivement la bananeraie qui sert de lieu de prélèvement des rejets (pépinière naturelle).

■ Trajectoire d'intensification de la fonction de production

Lorsque la contrainte foncière (pression démographique, concentration des terres) augmente, les durées de jachères deviennent inférieures à quatre ou cinq ans et les performances économiques des systèmes extensifs diminuent. Les conditions pour une intensification peuvent se déclinier en plusieurs trajectoires.

Une intensification écologique en travail. Elle se réalise alors par des adaptations techniques (gestion des jachères, buttage, tuteurage des bananiers), des rotations et des associations culturales nouvelles. Ces améliorations techniques maintiennent la productivité du travail (par rapport au système extensif) malgré la diminution de la fertilité initiale des sols. Dans cette intensification souvent gérée par les femmes, le système de culture se complexifie avec d'autres productions vivrières sans recours à des pesticides ou engrais chimiques. La densité de bananiers peut diminuer au bénéfice d'autres productions alimentaires.

Une trajectoire d'intensification par la monoculture. Les rendements augmentent par accroissement des densités de plantation, ou grâce à une meilleure technicité dans la conduite spécialisée du bananier. Malheureusement, cette intensification se traduit aussi par un accroissement des pressions phytosanitaires : maladies des raies noires, nématodes et charançons, ce qui conduit à l'usage croissant de pesticides et d'engrais chimiques si on veut pérenniser la culture sur les



mêmes terres. Cette trajectoire favorise également l'évolution vers des plantations monospécifiques (une seule variété) qui standardisent et optimisent le recours croissant aux intrants chimiques. Elle est performante sur le plan productif mais génère de nombreuses controverses liées aux externalités environnementales et sociales.

Entre ces deux trajectoires, la mise au point de nouveaux matériels de plantation (vivoplants, vitroplants), de nouveaux bio-pesticides et de biofertilisants, valorisant des ressources locales (parche, rafles de palmiers, fientes de poules, cabosses séchées de cacao, etc.), de nouvelles variétés et des associations culturales, pourra générer des situations d'intensification intermédiaires qu'il convient d'expérimenter, et de valider à partir des conditions locales de production.



5. Les techniques de multiplication du matériel végétal

La fourniture de matériel végétal sain en quantité suffisante aux périodes de plantation est indispensable pour que les producteurs puissent intensifier leur production. Les préoccupations des producteurs peuvent être résumées ainsi :

- la difficulté de se procurer des rejets et plus particulièrement aux périodes de plantation ;
- le prélèvement du matériel dans des vieilles plantations abandonnées d'où un matériel souvent contaminé en charançons et en nématodes, ces rejets meurent vite après plantation. Sur chaque lot de rejets achetés, 30 à 50 % seulement pourront réussir, ce qui nécessite plusieurs replantations (remplacement des pieds morts) partielles (trois à quatre) pour le même champ ;
- sur les variétés offertes par les fournisseurs de « tout venant », il est impossible de reconnaître une quelconque variété ;
- les zones de ravitaillement en rejets sont de plus en plus éloignées des zones de production ;
- le prix des rejets est très variable ;
- la faible capacité d'accroissement des superficies plantées par manque de rejets et contraintes foncières. Pour beaucoup de planteurs aux moyens limités, la mise en place d'un hectare en zone de forêt est progressive, au cours d'une année ;
- peu de méthodes de multiplication des rejets sont connues des planteurs.

La multiplication *in vitro* présente les conditions optimales de sécurité sanitaire vis-à-vis de la transmission de virus ou de nématodes, mais son emploi est limité par trois contraintes principales : la difficulté de produire en nombre un ensemble diversifié de variétés ; disposer d'investissements en infrastructures et en laboratoires pour assurer le contrôle du risque sanitaire ; le coût élevé du plant (trois à cinq fois plus élevé que le rejet ordinaire payé entre 75 et 150 FCFA selon la variété, les régions et les pays).



Technique de multiplication au champ : la fausse décapitation

Cette technique se pratique au champ sur des pieds de bananiers en croissance, entre cinq et huit mois après la plantation pour obtenir le matériel de plantation en quantité relativement importante. L'objectif est la suppression du « cœur » (méristème apical caulinaire au sommet de la souche) du bananier qui inhibe (ou bloque) la formation des bourgeons : cette action perturbe la dominance apicale et stoppe la croissance et la production de nouvelles feuilles. Généralement, deux semaines après la suppression du « cœur » du bananier, les premiers rejets en place croissent et de nouveaux apparaissent en surface. Chaque pied ayant été traité par fausse décapitation peut produire, en fonction des variétés, de 5 à 12 rejets sur une période totale de dix mois en moyenne. Avant épuisement du pied-mère, on choisit un successeur. La même technique lui sera appliquée lorsqu'il atteint la taille requise.

N.B. : Les autres techniques de multiplication au champ (décapitation totale, buttage, pliage du pseudo-tronc) sont toutes moins performantes que la fausse décapitation.

▮ Terrain, mode opératoire

Il est recommandé d'opérer sur un terrain indemne de nématodes et de charançons, planté avec du matériel sain (vitroplants ou plants issus de fragments de tige).

Pour réaliser la suppression du méristème terminal, le faux-tronc du bananier doit avoir une circonférence (mesurée au collet du bananier, partie basse du faux-tronc située dans la zone présentant une légère dépression au-dessus de la souche) égale à 55-60 cm.

Il faut ouvrir avec un couteau une fenêtre de 15 cm de hauteur de part et d'autre du collet sur 10 cm de largeur pour éliminer le méristème apical, puis recouvrir le trou avec un peu de terre ou y déposer un insecticide pour charançons.

▮ Surface nécessaire et rythme de prélèvement des rejets

Une aire de 3000 m² en moyenne (soit 60 m × 50 m) avec des bananiers plantés à 2 m × 2 m ou 2 m × 1,6 m, soit des densités de 2500 à 3200 plants/ha permet de produire 10000 rejets.



La durée d'attente après la suppression du cœur est de deux semaines, puis la récolte des rejets pour la plantation a lieu toutes les deux semaines pendant deux mois. Il est conseillé de récolter les rejets les plus vigoureux et de laisser en place les plus petits.

Il faut ensuite choisir un successeur au pied-mère. Dès qu'il atteint les dimensions requises, on applique la fausse décapitation sur le rejet.

N.B. Ne pas confondre « production de régimes » et « production de rejets ». Pour obtenir du matériel sain, il faut traiter la parcelle. Le délai de production (de la plantation à la fin de récolte) des rejets par la fausse décapitation de huit à dix mois est relativement long.

Cette technique ne résout pas entièrement le problème de qualité des rejets en cas d'absence de traitements insecticides et nématicides.

Techniques horticoles de multiplication *in vivo* : plants issus de fragments de tige

La technique des plants issus de fragments de tige est la plus répandue des techniques de multiplication *in vivo*. Simple, mais délicate, elle se pratique hors du champ dans un milieu bien préparé, et permet d'éliminer les contraintes liées à la protection du pied-mère au champ. Elle permet aussi une production rapide de plantules, avec un aspect très proche du vitroplant.

■ À partir des bourgeons isolés de la tige-mère : choix du matériel de base, mode opératoire et développement des plantules

On peut utiliser des souches fleuries ou non et y récupérer tous les bourgeons. Le nombre de bourgeons récoltés est proportionnel au nombre de feuilles. En général, on récupère entre 5 bourgeons sur de jeunes rejets et 30 bourgeons sur des souches fleuries.

Les étapes sont les suivantes :

1- Nettoyer la souche (fleurie ou non) en la débarrassant de ses racines et galeries éventuelles de charançons. Puis enlever la plupart des gaines avec un couteau (il faut en garder quelques-unes de la partie centrale, utiles pour tenir la souche pendant le découpage). L'opération de déshabillage de la tige est très minutieuse : il s'agit de dégager les gaines



foliaires à l'aide d'un couteau en les découpant légèrement au-dessus (1 ou 2mm) de la zone de jonction (encore appelée le nœud) entre la gaine et la souche. Pour cela, il faut bien suivre la ligne de la gaine avec le couteau, en évitant les bourgeons (situés au creux du V formé par les deux marges de la gaine foliaire).

2- Repérer et marquer les positions des bourgeons en faisant une marque au couteau à côté de chacun d'entre eux.

3- Découper et sortir le bourgeon et un morceau de tige de 5 à 7 cm de profondeur et de 3 à 4 cm de côté (trois ou quatre coups de couteaux sont suffisants pour sortir le bourgeon). Il faut prélever les bourgeons du bas vers le haut de la tige, soit des bourgeons les plus vieux vers les plus jeunes. Le nombre de bourgeons prélevés dépend de la grosseur de la souche.

4- Conserver ces bourgeons sous une ombrière entre 24 et 36 heures maximum, pour assurer la cicatrisation des plaies.

5- Chaque morceau est disposé dans un germoir dont le substrat est constitué de sciure de bois, le bourgeon pointe vers le haut.

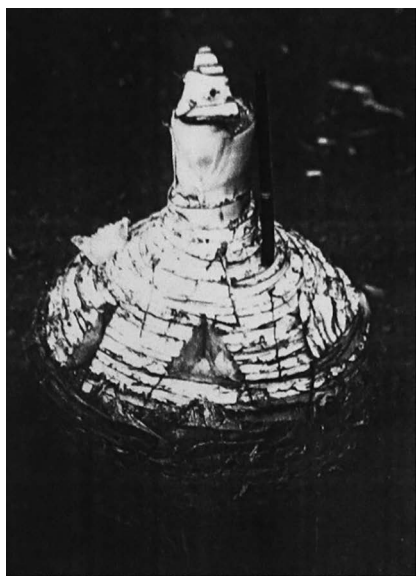


Photo 5.1.

Marquage des zones à prélever sur la souche et explants de tiges (bourgeons extraits de la souche). © M. Kwa



Photo5.2.

Rejets lavés pour préparer des plants issus de fragments de tige. © M. Kwa

Pour exploiter au maximum la surface de ce germoir, la densité sera comprise entre 50 à 100 bourgeons/m².



Photo 5.3.

Introduction des explants issus de fragments de tige dans le germoir. © M. Kwa

6- Recouvrir de sciure sur 2 à 3 cm d'épaisseur au-dessus des fragments placés dans le germoir pour éviter que les fragments soient exposés à la lumière.

7- Fermer hermétiquement le germoir par une bâche transparente.



8- Arroser abondamment le substrat 24 heures après mise en germe, puis tous les deux ou trois jours en fonction du degré d'humidité.

N.B. : Pour savoir si la sciure est correctement arrosée au cours des phases de sevrage, on peut former une boule et la presser dans la main (essorer), il ne faut pas qu'elle se disloque et s'étale. Elle doit rester compacte, sans néanmoins perdre de l'eau sous la pression de la main.

Trois à cinq semaines plus tard, on obtient des plantules. On les repique dans des sachets de polyéthylène remplis d'un nouveau substrat à base de terre + parche de café. Le mélange est chauffé à haute température ($\geq 100^{\circ}\text{C}$) au feu pendant 12 à 24 heures.

Après trois à quatre semaines, on les transplante au champ, elles mesurent alors entre 25 à 35 cm et possèdent des racines et des feuilles. On obtient ainsi un vivoplant.



Photo 5.4.

Plants issus de fragments de tige prêts à être implantés au champ. © M. Kwa

II) À partir de petits rejets : choix du matériel de base, mode opératoire et développement des plantules

Il faut choisir des rejets d'une hauteur optimale au-dessus du sol de 10 à 50 cm pour 10 à 20 cm de circonférence à leur base.



Il est déconseillé de prendre des plants tout-venant, car le risque est élevé d'avoir un mélange variétal source de disparités très fortes lors du développement des plants dans le germoir.

Pour prélever un rejet, il faut réaliser « la fouille » autour du rejet identifié et encore lié au pied-mère : bien observer l'orientation et la base du rejet, vérifier que la tige est bien conformée, renflée pour assurer de bonnes réserves.

Les étapes sont les suivantes :

1. Parer la souche du rejet à l'aide d'un couteau de faible épaisseur (1 mm à 1,5 mm) et bien tranchant jusqu'à obtention de la couleur blanche sans taches (« parage à blanc », photo 5.5).
2. Enlever quelques gaines foliaires externes en les découpant 1 à 2 mm au-dessus de la ligne d'insertion sur la souche ; puis couper le reste des gaines centrales à une hauteur de 3 à 5 cm (photo 5.6).
3. Conserver cette souche (que l'on appelle explant) pendant 48 à 72 h maximum à l'ombre, sur une surface propre et dans un espace protégé du soleil et de la pluie (photo 5.7).
4. Rajeunir ensuite l'explant, à l'aide d'un couteau, jusqu'à la limite de la zone brune séchée de la dernière gaine découpée à l'étape 2.
5. Réaliser avec le couteau deux fentes (ou incisions) à angles droits au milieu du rejet (profondeur de 3 cm, largeur du couteau). Une troisième incision peut être ajoutée par mesure de précaution (photo 5.8).
6. Garder l'explant incisé à l'abri une ou deux heures, puis le placer debout dans le germoir (c'est-à-dire la partie incisée vers le haut) en l'enfonçant dans la sciure, le recouvrir d'une couche de sciure de 2 à 3 cm d'épaisseur maximum (photo 5.9) et fermer hermétiquement le germoir avec une bâche plastique transparente.



Photo 5.5.
Parage à blanc. © M. Kwa



Photo 5.6.

Fin du décortiquage et réduction pseudo-tronc pour préparer un explant de rejet. © M. Kwa



Photo 5.7.

Explants issus de fragments de tige sous ombrière pour 48 h. © M. Kwa

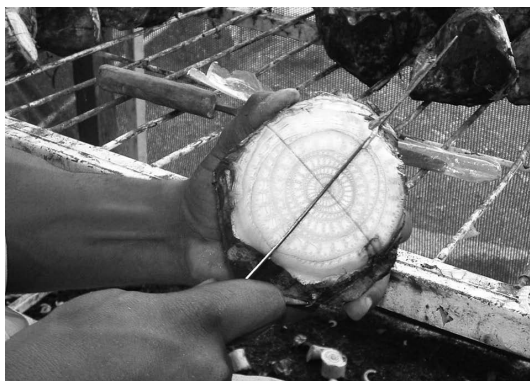


Photo 5.8.

Application des incisions sur explant de rejet. © M. Kwa



Photo 5.9.

Introduction d'explants dans le germoir par des apprenants.

© M. Kwa

7. Arroser les explants ensemencés le second jour (24 heures après ensemencement), puis régulièrement deux ou trois fois par semaine. Au bout de trois à six semaines on obtient des plantules (photo 5.10).
8. Sortir l'explant du germoir pour détacher ces plantules. Une lame de scalpel (ou un petit couteau très fin) permet de les séparer aisément.
9. Remettre l'explant dans le germoir pour une nouvelle production. On peut réaliser la même opération quatre à cinq fois ou plus avec le même explant. On peut obtenir ainsi jusqu'à plus de 50 plantules par rejet.



Photo 5.10.

Développement de pousses sur explant de rejet. © M. Kwa



Photo 5.11.

Plants en endurcissement sous ombrière. © M. Kwa



Endurcissement des plants. Les plantules sevrées sont repiquées dans des sachets contenant un substrat constitué de terre et de parche de café (50/50) chauffé au feu de bois pendant 12 à 24 heures pour le déparasiter d'éventuels nématodes. On peut aussi utiliser un mélange de parche et de sable (60/40) qui ne nécessite pas de passage au feu. Les plantules repiquées sont placées sous ombrière (recouverte au-dessus et sur les côtés d'un filet à mailles réduisant de 50 % la lumière incidente). On arrose régulièrement les plantules dans les sachets (une ou deux fois par semaine en fonction des conditions environnementales).

Pendant la phase d'endurcissement des plantules (photo 5.11), un apport de 1 g d'engrais (20-10-10) par sachet toutes les deux semaines permet une reprise rapide et une croissance harmonieuse des lots.

Six à huit semaines après repiquage en sachet, les plants sont prêts pour la plantation.

▮ Précautions particulières pour plantules non racinées issues de petits rejets

Lorsque les plantules sevrées n'ont pas encore émis de racine (cas de très jeunes plantules sevrées en raison de leur position dans les touffes de plantules), on les repique d'abord dans des pots de yaourt perforés remplis du même substrat que dans les sachets. Le substrat doit en outre recouvrir toute la partie plus blanche de la tige. Il doit être tassé légèrement et arrosé le même jour. Les pots de yaourt contenant les plantules sont placés dans l'enceinte d'un germoir également bien fermé avec un film polyuréthane. Le repiquage des plantules en pot dans un sachet de polyéthylène (même substrat) se fait au bout de trois semaines à un mois. Puis le sachet est placé sous ombrière et arrosé régulièrement jusqu'à la fin de l'endurcissement. Quatre à six semaines après repiquage en sachet à partir des pots de yaourt, les plants sont prêts pour être mis au champ.

Le temps nécessaire de la préparation des explants à l'obtention des plants prêts à être transférés au champ varie entre deux mois et demi et quatre mois maximum en fonction de la technique choisie (utilisation de bourgeons extraits de la souche, ou utilisation de petits rejets). Ceci représente un gain de temps considérable par rapport à toutes les techniques de multiplication de plants *in vivo* connues.

La technique des «plants issus de fragments de tige» permet une production de plants à tout moment de l'année, avec des possibilités



de produire le matériel désiré en quantité, de manière homogène, de bonne qualité sanitaire et en peu de temps par rapport aux méthodes de production de rejets *in vivo*.

Il est possible d'obtenir entre 200 et près de 1000 plants en un an à partir d'un rejet. De plus, une surface de 200m² peut être suffisante pour produire et élever de 80 000 à plus de 100 000 plantules par an.

III Conditions de réussite de la technique des plants issus de fragments de tige

Le germoir

Pour une bonne gestion du germoir, le niveau de la température et de l'humidité est très important. Les arrosages doivent être pratiqués en fonction des conditions extérieures qui peuvent affecter celles à l'intérieur du germoir. Il faut réguler la température ambiante du germoir autour de 30-35°C. Si la température devient supérieure à 40°C, on ouvre la bâche (polyane).

Le germoir standard est de 4m de longueur et 1,5m de largeur. La largeur doit permettre le travail sur au moins la moitié du bac pour une personne qui se tient sur un bord. Il peut être construit avec des matériaux provisoires, semi-définitifs ou définitifs pouvant contenir un substrat pour les ensemencements des explants de rejets.

Plusieurs germoirs peuvent être construits en série sous ombrière, avec des écartements de 60 à 70 cm entre deux germoirs consécutifs.

En dehors de la zone occupée par les germoirs, un espace de travail couvert, contenant des tables, tabourets et autres équipements pour les manutentions des plantules (tri, confection de lots homogènes de 25 plantules, emballage en cartons, etc.), doit aussi être prévu dans la continuité de l'ombrière.

Si le bac est construit en briques ou parpaings, il est conseillé de cimenter le fond avec un béton riche permettant les écoulements d'eau. Les installations doivent avoir des rigoles d'évacuation d'eau.

Au-dessus du bac (ou des bacs), on construit une charpente solide avec une faîtière à 110-120 cm environ de hauteur sur l'axe central. Cette charpente sert de support à une bâche en plastique (polyane) qui doit entièrement recouvrir le germoir (photo 5.12).



Photo 5.12.

Germoir enserré avec de la fronde pour maintenir le film plastique.

© M. Kwa

L'ombrière

Il s'agit du montage d'une armature couverte d'un filet sur le dessus et sur les côtés. Ce filet doit avoir une maille laissant passer 50 % de la lumière incidente. La couleur importe peu, mais le vert ou le noir sont les plus usités.

Le choix du site de l'ombrière est important et doit respecter trois contraintes :

- être ensoleillé le plus longtemps possible au cours de la journée (éviter l'ombre d'un grand arbre). Il faut donc se positionner par rapport à l'orientation du soleil. La température idéale se situe entre 25 et 40°C;
- être protégé du vent;
- être protégé des risques de vols de voisinage (clôture).

L'ombrière peut être construite avec des matériaux définitifs ou provisoires (photo 5.13 et 5.14). Le toit de l'ombrière doit être filtrant pour laisser passer la lumière.

N.B. Un dispositif d'alimentation en eau (réseau d'alimentation urbain ou rural, puits, forage, etc.) doit être construit à proximité des germoirs et des ombrières.

La sciure et le substrat pour endurcissement

La sciure de bois doit être issue de scierie ou de menuiserie, de mouture moyenne. La sciure de couleur blanche (voir aussi couleurs proches du blanc) donne de meilleurs résultats.



Photo 5.13.
Ombrière en matériau provisoire. © M. Kwa



Photo 5.14.
Ombrière en matériau définitif. © M. Kwa



Le substrat idéal pour endurcissement des plants est basé sur un mélange 40 % de sable et 60 % de parche de café.

Il faut choisir un sable de rivière de préférence ou d'un fleuve d'eau douce. La mouture du sable doit être moyenne (donc pas de sable fin). On peut aussi utiliser de la pouzzolane, en mélange avec de la parche, dans les mêmes proportions que pour le mélange de sable et de parche.

N.B. : Un mélange terre et parche (50/50) est aussi possible, à condition que la terre provienne d'un sol n'ayant jamais reçu de bananiers ; le mélange doit préférentiellement être stérilisé au feu de bois pendant 12 à 24 heures. La cuisson a deux objectifs :

- assainir le substrat en éliminant les nématodes et les charançons éventuels qui pourraient s'y trouver ;
- rendre plus accessibles les éléments nutritifs dont a besoin la plante, compte tenu du fait que son système racinaire est peu développé au démarrage.

En l'absence de parche, on peut utiliser un broyat de cabosses de cacao séchées. Les particules du broyat doivent être d'une taille moyenne, plus faciles à mélanger avec de la terre ou du sable. Les proportions terre/cabosse ou cabosse/sable restent les mêmes qu'avec la parche, ainsi que la durée de cuisson.

Les plantules élevées et endurcies dans le respect des conditions de réussite décrites ci-dessus sont généralement vigoureuses, d'un aspect attrayant et ont une très bonne reprise au champ après mise en terre (photo 5.15).

▮ Normes de sécurité sanitaire de la technique des plants issus de fragments de tiges

La production de matériel végétal de qualité (indemne de pathogènes) représente un enjeu majeur eu égard aux risques de dissémination de maladies et parasites dangereux pour la production bananière. Les techniques innovantes de production de masse de plants de bananiers doivent donc impérativement garantir la qualité des produits qui en sont issus.

Les pépiniéristes impliqués dans la production des plants en utilisant les techniques horticoles doivent être clairement identifiés et avoir un cahier des charges qui peut être vérifié et suivi. Au Cameroun par exemple, les principaux producteurs se trouvent dans des zones sans risque de virus, notamment le *Banana Bunchy Top Virus* (BBTV).



Photo 5.15.

Plantules racinées ou pas au premier sevrage. © M. Kwa

Pour garantir la qualité des plants produits à l'identique, les rejets introduits dans le processus de production des plants issus de fragments de tige doivent être de qualité sanitaire maximale, et toutes les étapes doivent être strictement respectées pour permettre de ne pas exposer et contaminer le matériel produit.

Depuis plus de vingt ans dans toutes les zones d'utilisation de la technique, on n'a pas observé de maladie virale telle que la BBTv comme étant issues de ces vivoplants.

▮ Technique du parage pour lutter contre les infestations de nématodes

S'agissant du parasitisme tellurique, l'assainissement vis-à-vis des nématodes demeure la principale contrainte dans toutes les zones de production, bien qu'il y ait aussi des problèmes d'ordre fongique qui sont observés de temps en temps. Des travaux récents (Carbap, 2010-2016) ont permis d'établir qu'il est possible d'assainir complètement les explants utilisés dans la production horticole de plants issus



de fragments de tige grâce à la technique du parage. Des normes de parages ont été établies et des suivis au laboratoire ont permis de confirmer ces normes qui doivent être imposées à tout pépiniériste agréé. En outre, étant donné que des infestations de nématodes peuvent affecter autant les vitroplants sains que des plants issus de fragments de tige sains lorsqu'ils sont mis au champ sur un terrain infesté, il est important de définir des seuils de tolérance à la sortie des germinoirs afin d'encadrer les productions de plants chez des pépiniéristes agréés. Pour ces derniers, le respect des normes de production et du cahier des charges établi à cet effet constitueront des indicateurs de suivi pour la validation de la qualité du matériel livré aux producteurs.

Plusieurs espèces de champignons identifiés ne sont pas pathogènes dans les productions horticoles; quelques-uns présentent certes une certaine agressivité, mais ils sont généralement neutralisés avec des fongicides de contact ou systémiques utilisés en cas de besoin dans les germinoirs (fongicides à large spectre).

Toutefois, des travaux de recherche doivent continuer sur les différents champignons observés, notamment ceux du genre *Fusarium* présents dans pratiquement toutes les zones de production des bananes et plantains dans le monde. Si le bananier plantain semble pour le moment moins soumis à ces menaces que le bananier dessert (avec des vitroplants), un état de veille sur ces menaces doit être maintenu.

■ La mise en terre des plants au champ

Dans des trous de $40 \times 40 \times 40$ cm, on remet un mélange de la terre de surface (riche en matière organique) et des feuilles mortes en décomposition; le trou est rempli jusqu'aux 4/5. Le plant débarrassé de son sachet est placé au centre du trou où on a pris également soin de retirer un peu de terre sur une profondeur correspondant à la hauteur de la motte de terre du plant (photo 5.16). On s'assure aussi que la base du plant soit légèrement en dessous du niveau du sol. Puis, on remplit le trou avec la terre de surface et on tasse légèrement pour maintenir le plant en place. Le collet de ce dernier doit être recouvert de 2 à 3 cm de terre après ce tassement. Il est recommandé d'apporter un peu d'engrais (15 à 20 g d'urée/pied) pendant le premier mois.



Photo 5.16.

Mise en terre d'un plant issu de fragment de tige. © M. Kwa

1. La filière de la banane plantain : du marché aux usages alimentaires



Photo 1.
Régimes et mains
de plantain.
© M. Kwa



Photo 2.
Diversité des plantains cuisinés. © S. Dury

3. La plante et son milieu



Photo 3.
Inflorescence fleurs
mains découvertes.
© M. Kwa



Photo 4.
Cultivar 'Essong' type French.
© M. Kwa



3. La plante et son milieu



Photo 5.
Cultivar 'Corne Vrai'. © M. Kwa



Photo 6.
Inflorescence sans fruits,
cultivar 'Corne Vrai'. © M. Kwa



Photo 7.
Cultivar 'Corne Vrai'
avec plusieurs mains. © M. Kwa



Photo 8.
Two hands planty avec une assise
de doigts, cultivar 'Corne Vrai'.
© M. Kwa



Photo 9.
Cultivar 'Faux Corne'. © M. Kwa



Photo 10.
Variété Mbouroukou N°1.
© M. Kwa



Photo 11.
Cultivar 'Essang Faux Corne'.
© M. Kwa



Photo 12.
Cultivar 'Moto Ebanga, Faux Corne'.
© M. Kwa



4. Innovations dans les systèmes de culture et de production



Photo 13.
Association de plantain avec des
cacaoyers et des arbres de forêt.
© M. Kwa



Photo 14.
Association de bananiers et
d'arbres fruitiers (papayer, ananas).
© M. Kwa



Photo 15.
Association de plantain avec
du manioc. © M. Kwa



Photo 16.
Association de plantain avec
des plants de tomate. © M. Kwa



Photo 17.
Jardin de case. © M. Kwa



Photo 18.
Plantation de plantain en forêt.
© M. Kwa



Photo 19.

Plante de service :

Asystasia gangetica. © M. Kwa



Photo 20.

Plante de service :

Pueraria phaseolides. © M. Kwa



Photo 21.

Plante de service :

Mimosa indica. © M. Kwa



Photo 22.

Plante de service :

Chromolaena odorata. © M. Kwa



5. Les techniques de multiplication du matériel végétal



Photo 23.
Pose des incisions
sur l'explant.

© M. Kwa



Photo 24.
Sevrage des
plantules.
© M. Kwa

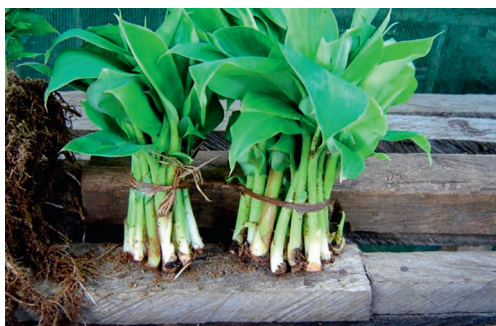


Photo 25.
Plantules sevrées
et conditionnées
pour expédition
en carton.

© M. Kwa



Photo 26.
Adulte de *Cosmopolites sordidus*,
charançon du bananier. © M. Kwa



Photo 27.
Adulte *Metamasus* sp.,
charançon du bananier. © M. Kwa



Photo 28.
Larve de charançon et galerie
creusée dans la souche. © M. Kwa



Photo 29.
Dégâts du charançon sur tige
(souche) et faux-tronc. © M. Kwa

6. La lutte contre les parasites du système racinaire et de la souche



Photo 30.

Souches de rejets minées
par les larves de charançons
(*Cosmopolites sordidus*).

© M. Kwa



Photo 31.

Piège à charançon composé de morceaux de pseudo-tronc de plantain.

© M. Kwa



Photo 32.

Capture d'une
nymphé de
Cosmopolites
sordidus par
une fourmi.

© M. Kwa



Photo 33.
Dégâts de
cercosporiose
sur le régime.
© M. Kwa

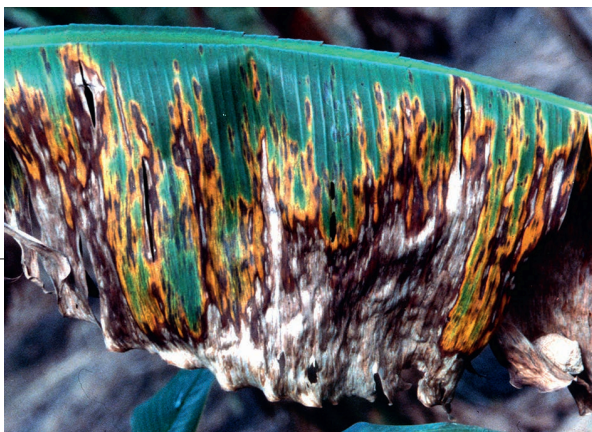


Photo 34.
Feuille de bananier
atteinte de
cercosporiose noire,
stade 6.
© A. Mouliom



Photo 35.
Feuilles de
plantain atteintes
de la maladie
des raies noires.
© M. Kwa



7. Lutte contre les maladies des feuilles et des fruits



Photo 36.

Régime de plantain atteint par la maladie du bout de cigare.

© M. Kwa



Photo 37.

Un doigt de plantain atteint par la maladie du bout de cigare.

© M. Kwa



Photo 38.

Dégâts de pyriculariose sur plusieurs doigts d'un régime du cultivar 'Ebanga'.

© M. Kwa



Photo 39.

Régime de plantain 'Bâtard' atteint de pyriculariose. © M. Kwa



Photo 40.
Présence du *Bunchy Top*
en champ paysan,
République centrafricaine.
© M. Kwa



Photo 41.
Touffe de bananiers atteint
de *Bunchy Top*, République
démocratique du Congo .
© M. Kwa



Photo 42.
Pied de plantain atteint
de *Bunchy top*,
vecteur de la maladie. © M. Kwa



Photo 43.
Feuille de bananier atteinte
de *Pentalonia nigronervosa*.
© M. Kwa



8. Création et gestion technique d'une bananeraie



Photo 44.
Champ non œilletonné. © M. Kwa



Photo 45.
Touffes de bananiers
dans une bananeraie. © M. Kwa



Photo 46.
Exemple d'une touffe
avec 10 pieds au moins. © M. Kwa



Photo 47.
Culture en touffe. © M. Kwa



Photo 48.
Touffes de bananiers en milieu paysan, en zone forestière. © M. Kwa



6. La lutte contre les parasites du système racinaire et de la souche

Les connaissances paysannes sur les ravageurs des bananiers sont limitées. Il est nécessaire de fournir aux paysans des informations utiles et pratiques qui puissent les aguerrir et leur permettre une certaine autonomie dans la gestion du parasitisme, notamment sur les nématodes et les charançons.

Les nématodes : impacts et contrôle

▮ Identification et description

Les nématodes des bananiers (dessert et plantain) sont des vers microscopiques qui s'attaquent aux racines et à la souche. Il en existe plus de 150 espèces différentes, mais seules quelques-unes font des dégâts importants.

Dans le sol, les nématodes se trouvent soit dans la rhizosphère, soit dans les racines des plantes hôtes. Ils sont polyphages pour la plupart, certains ayant une gamme d'hôtes réduite (≤ 5), par exemple les espèces des genres *Aulosphaera*, *Ditylenchus*, *Rotylenchus*, *Telotylenchus*, *Xiphinema*, etc. D'autres ont une gamme d'hôtes élevée (≥ 15), par exemple les espèces des genres *Meloidogyne* et *Helicotylenchus*, alors que les autres genres *Cephalenchus*, *Pratylenchus* et *Radopholus* ont des gammes d'hôtes intermédiaires (entre 5 et 10).

Pour se nourrir, les nématodes utilisent un stylet (un petit organe utilisé comme une aiguille) pour perforer les racines et les tissus des plantes sur lesquelles ils se nourrissent ou qui les hébergent. Certains sont plus agressifs (*Pratylenchus* spp., *Radopholus* spp., etc.) que d'autres (*Hoplolaimus* spp., *Meloidogyne* spp., etc.). Sur les bananiers (dessert et plantain), *Radopholus similis* cause le plus de dommages, notamment dans les zones de basses altitudes.

▮ L'impact des nématodes *Radopholus similis*

Radopholus similis est l'espèce dominante dans tous les continents. Les pertes dues à ce nématode peuvent atteindre 20 à 30 % de la production



d'une parcelle de plantain. D'autres espèces occasionnent des pertes de rendement relativement plus faibles ($\leq 15\%$). *Radopholus similis* s'attaque aussi au maïs, au taro, à l'aubergine, au piment et à l'arachide. En revanche, il n'attaque pas le manioc, le macabo, l'amarante et la patate douce, plantes souvent associées au plantain.

▮ Répartition et abondance des nématodes dans les bassins de production

La distribution naturelle des plantes hôtes de nématodes a une incidence sur la répartition spatiale des espèces. Ainsi, l'abondance des espèces hôtes est un paramètre important associé à la répartition des nématodes. Des zones de forêts ont été envahies par *Radopholus similis* à la suite de l'introduction de bananier plantain avec du matériel infecté.

Considérant la diversité des nématodes, une étude menée en Côte d'Ivoire (Adiko, 1987) a permis d'identifier 15 genres de ces ravageurs dans trois principales zones de production de plantain (Sud-Est, Centre-Ouest). Ce sont les genres : *Aulosphaera*, *Cephalenchus*, *Criconemella*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Radopholus*, *Rotylenchus*, *Scutelonema*, *Telotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Xiphinema*. Leur présence et leur représentativité sont variables en fonction des régions.

La répartition de ces genres dans les bassins de production ne suit pas une logique discernable. Les plus présents dans les champs des différentes régions sont les genres *Helicotylenchus* (99 % des champs) et *Meloidogyne* (94 %); suivent dans l'ordre les genres *Radopholus* (31 %), *Pratylenchus* (29 %), *Cephalenchus* (25 %), *Xiphinema* (21 %), *Rotylenchus* (10 %). Les huit autres genres couvrent entre 3 et 8 % des champs.

Toutefois, les genres les plus répandus ne sont pas nécessairement les plus abondants. Des écarts importants peuvent exister entre les genres sur le plan de l'abondance dans le sol : *Helicotylenchus* (39 242 individus/100 g), *Meloidogyne* (10 685 individus/100 g), *Rotylenchus* (9 676 individus/100 g), *Pratylenchus* (6 828 individus/100 g), *Cephalenchus* (6 390 individus/100 g), *Aulosphaera* (6 306 individus/100 g), *Radopholus* (5 148 individus/100 g), *Paratylenchus* (1 971 individus/100 g), *Telotylenchus* (1 646 individus/100 g). Nous notons en particulier que le *R. similis* qui occupait le 3^e rang par rapport à la couverture régionale est relégué à la 7^e position en considérant l'abondance dans le sol. Ceci renseigne le fait qu'une espèce de nématode peut couvrir plusieurs zones, mais avoir un faible impact mesuré par l'abondance du parasite.



Ces données mettent en lumière trois informations importantes :

- le niveau de couverture géographique d'un genre de nématode n'est pas nécessairement corrélé à son abondance qui traduit plutôt la quantité d'individus d'un bioagresseur dans le milieu observé ;
- l'abondance dans le sol d'une espèce de nématode ne conduit pas nécessairement à une plus grande présence dans les racines de la plante hôte. Il semble qu'il y a toujours un temps d'adaptation du bioagresseur vis-à-vis de l'hôte en fonction des conditions agro-écologiques. On peut alors comprendre que, malgré son agressivité, le *Radopholus similis* n'a pas colonisé les racines des bananiers dans certains bassins de production. D'ailleurs, le taux de colonisation racinaire a été faible pour l'ensemble des espèces au regard de la densité relativement importante qui était déjà présente dans le sol ;
- la répartition des nématodes dans les aires de production est *a priori* aléatoire, mais peut être influencée par l'écologie, les variétés cultivées et les pratiques agricoles.

La situation décrite en Côte d'Ivoire présente des similitudes avec celles d'autres pays en Afrique de l'Ouest et du Centre (Togo, Ghana, Cameroun, Gabon, Congo, République centrafricaine, etc.) où des études spécifiques ont été faites sur les nématodes. Toutefois, il existe quelques particularités dans chaque pays et/ou entre les zones. En Afrique centrale, différents genres ont été identifiés dont certains sont présents en Afrique de l'Ouest. Ce sont : *Aphelenchoides*, *Criconema*, *Criconemoides*, *Helicotylenchus*, *Hemicycliophora*, *Hoplolaimus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Radopholus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*, *Xiphinema* (Luc et Vilardebo, 1961).

Au Cameroun par exemple, sur plus d'une dizaine de genres identifiés, cinq sont plus présents dans les champs : *Radopholus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*. Le genre *Radopholus* est très répandu en basse altitude et se retrouve dans une grande gamme d'hôtes ; le genre *Pratylenchus* (plus précisément l'espèce *Pratylenchus goodeyi*) est plus présent en zone d'altitude $\geq 700\text{m}$ (Bridge *et al.*, 1997) aussi bien en Afrique (Est, Centre, Ouest, etc.), en Amérique latine et dans différentes autres zones de culture des bananiers dans le monde. L'espèce *Pratylenchus coffeae* est plus répandue en basse altitude, mais avec une distribution localisée dans les pays d'introduction récente. Cette espèce provoque des dégâts très importants sur le plantain dans certains pays comme le Ghana (jusqu'à 60 % de pertes). Sa gamme d'hôtes est extrêmement diversifiée, ce qui justifie le fait qu'on retrouve *P. coffeae* en populations mélangées avec d'autres nématodes



(*Helicotylenchus multicinctus*, *Radopholus similis* et *Meloidogyne* spp.). Cependant, *Radopholus similis* demeure l'espèce la plus virulente avec des capacités d'extension facilitées par le transfert du matériel végétal contaminé entre les régions.

Au Gabon, parmi six genres identifiés dans les sols de différents départements de la province du Woleu-Ntem (avec des taux d'occupation spatiale variant de 20 à 79 %), le genre *Rotylenchulus* n'a pas été retrouvé dans les racines des bananiers de ces zones. Pour quatre genres (*Hoplolaimus*, *Radopholus*, *Pratylenchus*, et *Helicotylenchus*) on a trouvé des taux de colonisation racinaire largement supérieurs allant de 54 % pour *Pratylenchus* à 92 % pour *Radopholus*, par rapport aux taux dans le sol. Par contre, ce taux a été plus faible pour *Meloidogyne* (38 % dans les racines contre 57 % dans le sol).

Au Cameroun, en zone d'altitude ($\geq 1\,200$ m), *Pratylenchus goodeyi* présente un niveau d'abondance relativement élevé (35 216 individus/100 g de racines); *R. similis* a un niveau faible (6 517 individus/100 g racines); les trois genres suivants présentent un niveau d'abondance très faible : *Hoplolaimus* (2 167 individus/100 g racines), *Helicotylenchus* (2 150 individus/100 g racines) et *Meloidogyne* (1 533 individus/100 g racines).

La présence des nématodes dans les racines ne traduit donc pas toujours une relation logique avec leur présence dans le sol. L'abondance du parasite dans les racines dépend des performances de l'espèce de nématode, de ses préférences, de la durée du contact du parasite avec la plante hôte et des conditions environnementales. Ces conclusions sont confirmées dans différents bassins de production.

■ Nutrition et habitat

Le nématode vit dans le sol, pénètre dans les racines et très souvent aussi dans la souche pour se nourrir. Pour savoir si les racines sont attaquées, on peut observer de petites lésions de couleur noire sur les racines. Parfois, il faut couper la racine dans le sens de la longueur pour observer des plages de nécroses de couleur rouge violacé, indiquant les attaques de nématodes tels *R. similis* et *Pratylenchus* spp. Dans le cas des attaques de nématodes du genre *Meloidogyne*, des galles sont visibles sur les racines.

Le nématode est muni d'un stylet (sorte de petite aiguille) à l'aide duquel il pique la racine et/ou la souche, entre par le trou qu'il a fait et s'installe dans la racine ou dans le cortex de la souche. Une fois à



l'intérieur, il se nourrit des tissus des organes infestés. Il provoque ainsi des lésions qui vont se nécroser, puis devenir des pourritures. Ces dernières affaiblissent la plante et favorisent le développement d'autres maladies.

Certains nématodes provoquent des gales (gonflement le long de la racine), néanmoins, ces gales sont sans danger pour le bananier.

En cas de vents forts, les bananiers infectés tombent du fait de l'affaiblissement du système racinaire.

▮ Sources de contaminations

Il existe trois principales sources : le sol, le matériel végétal et les outils agricoles. De bonnes mesures de contrôle de ces sources de contamination doivent être assurées avant et pendant la mise en place de la bananeraie, notamment en prévoyant l'utilisation d'un matériel végétal sain ou assaini.

▮ Stratégies de lutte culturale

L'assainissement du sol

L'objectif est d'éliminer la nourriture du principal nématode du sol (*R. similis*) pour le tuer. Un moyen efficace d'éliminer le nématode est la jachère sans bananiers : on détruit les racines vivantes et tous les vieux bananiers dans le champ, même les repousses. L'injection d'un herbicide systémique dans la souche de bananier permet d'arrêter rapidement la croissance de la souche et de tous ses rejets. On peut toutefois laisser pousser dans cette jachère des plantes que le nématode ne colonise pas facilement ou qu'il n'aime pas consommer. *R. similis* est un endoparasite strict : l'absence de repousses de bananiers et/ou de plantes hôtes de ce parasite peut donc contribuer à son éradication.

La jachère enherbée naturelle permet d'assainir le sol. Il faut cependant remplir deux conditions.

1. La durée de la jachère doit être d'au moins deux ans pour assurer une baisse importante et significative du niveau d'infestation du parasite, et il faut s'assurer de la suppression de sources de contaminations.

Il faut noter que même si la jachère d'une durée suffisante abaisse généralement le niveau des populations de nématodes, elle n'élimine pas toujours complètement les nématodes du sol pouvant développer des formes de survie.



2. La jachère doit être « de bonne qualité », donc être plantée d'espèces végétales empêchant le développement des nématodes : pas de repousses de bananiers (passages tous les mois ou deux mois pour éliminer les repousses de bananier) ; absence de plantes hôtes (maïs, arachide, taro, soja, etc.).

Utilisation de rotations et de successions culturales comme alternatives à la jachère. On peut cultiver sur les parcelles mises en jachère des plantes qui « assainissent la jachère » ou « plantes nettoyantes », non hôtes de *R. similis*, comme l'amarante, l'ananas, certains tubercules (patate douce, etc.).

Assainissement du matériel végétal (souches ou rejets)

Il faut éviter d'acheter ou d'utiliser des rejets qui ont été prélevés sur les vieilles parcelles de bananiers. Plus le nombre de cycles de culture du plantain est élevé sur une parcelle non traitée, plus le risque d'avoir des rejets malades et contaminés par les nématodes est grand. Les rejets prélevés dans les vieilles parcelles doivent donc être impérativement assainis sur le lieu de prélèvement afin d'éviter de transporter les nématodes sur les parcelles propres. Parmi les méthodes d'assainissement, on peut citer : le parage, le pralinage et le traitement des rejets à l'eau chaude.

Le parage

Nettoyer le pourtour de la souche avec un couteau pour éliminer les racines et les traces de nécroses (de couleur rouge). Ne pas faire le parage dans le champ de la future plantation. Il est indispensable d'associer au parage des techniques de désinfection comme le traitement à l'eau chaude ou le pralinage.

Le traitement à l'eau chaude

Cette technique consiste à tremper la souche parée dans de l'eau chaude à 50-60°C pendant 15-20 minutes selon la grosseur du rejet. En l'absence de thermomètre pour vérifier la bonne température de l'eau, on peut mettre une bougie dans l'eau et noter le moment où elle commence à fondre, ce qui indique que la température de l'eau est au moins à 50°C.

Le pralinage

Le pralinage consiste à tremper la souche dans une bouillie contenant un nématicide. Certaines plantes peuvent remplacer les nématicides



chimiques : c'est le cas du neem (*Azadirachta indica*) dont les feuilles ou les graines peuvent être exploitées. Le principe consiste à ramasser les graines, les sécher puis les écraser et mélanger la poudre obtenue avec de l'eau contenant de l'argile, de manière à former une bouillie (2kg de poudre de neem/10 litres d'eau). L'argile doit être séchée ou alors chauffée pour tuer les germes éventuels. Enfin les rejets sont trempés dans cette bouillie.

Lutte biologique

Les endomycorhizes à vésicules et à arbuscules

Les mycorhizes sont des champignons associés aux racines des végétaux où ils vivent en symbiose. Certaines, dont les endomycorhizes à arbuscules et vésicules, protègent la plante contre les nématodes. Des études réalisées en conditions contrôlées ont montré une réduction des dégâts racinaires dus au nématode *R. similis*, lorsque des plants de bananiers étaient traités avec des endomycorhizes.

Cependant, la protection contre les nématodes conférée aux racines par le champignon en pépinière se maintient peu après transfert des plants au champ. La baisse de performance semble fortement liée aux interactions avec les mycorhizes endogènes dans les sols. Ainsi, la protection liée à la mycorhization en pépinière, bien qu'utile, ne confère pas aux plants une protection durable après le transfert au champ.

Champignons ovicides

Parmi eux, *Paecilomyces lilacinus* et *Verticillium chlamydosporium* ont fait l'objet de recherches poussées qui ont permis de cerner le mode d'action de ces champignons : à l'aide de leurs filaments, ils perforent les œufs grâce à des enzymes appropriées, pénètrent dans l'œuf et parasitent ou détruisent l'embryon du nématode. Ils ont tous les deux une forte capacité de déploiement et une bonne efficacité dans le sol. L'effet réducteur des infestations de nématodes est plus important dans le sol que celui obtenu avec des traitements nématicides classiques, notamment sur les nématodes à galles (*Meloidogyne*).

Champignons nématophages à spores adhésives

Les nématodes peuvent être parasités par des champignons à spores adhésives appartenant à plusieurs classes : Oomycètes (*Catenaria anguillulae*, etc.), Zygomycètes (*Meristacrum asterospermum*), Deutéromycètes (*Meria coniospora*), Basidiomycètes (*Nematocionus*



leiosporus), et Hyphomycètes (genre *Hirsutella*). Ils utilisent différents organes (zoospores, conidies, spores, etc.) pour se fixer sur la cuticule du nématode en s'y enkystant. Ensuite, ces spores germent et pénètrent dans le corps de la proie où elles produisent un thalle ou mycélium infectieux. Ces champignons aptes à vivre dans différentes écologies (ubiquité) et généralement polyphages pourraient *a priori* devenir des agents de lutte biologique intéressants contre les nématodes des bananiers. Mais des mises au point doivent encore être faites sur leur culture en milieu artificiel en vue de leur utilisation.

En revanche, des Hyphomycètes à spores adhésives se cultivent aisément sur plusieurs milieux artificiels. Bien que décrits pour la première fois par Sturhan et Schneider en 1980, les applications au champ restent attendues.

Les plantes nématicides et leurs toxines

Au cours d'enquêtes ethnobotaniques au sein d'ethnies africaines, des populations d'Asie et d'Amérique du Sud, on a découvert des techniques et pratiques efficaces de lutte contre les nématodes par l'usage de certains végétaux introduits dans les assolements, les rotations, en précédant cultural, comme engrais vert (pois d'Angole [*Cajanus cajan*], crotalaire, *Stylosantes gracilis*), en association avec la culture sensible (*Panicum Bracharia* spp., *Panicum maximum*, etc.), en culture intercalaire ou sous forme de broyats, pour lutter de façon empirique contre des nématodes phytoparasites. Les broyats peuvent être obtenus à partir des organes des plantes suivantes : racines d'*Euphorbia hirta*, tiges de *Vernonia polyanthes*, feuilles de pervenche de Madagascar et de *Leucaena*, fleurs de *Tagetes*, graines de lilas (tourteau), graines de neem (*Azadirachta*), etc. Ils sont incorporés aux sols cultivés pour servir d'amendements organiques nématicides. Les substances actives de ces végétaux sont contenues dans leurs exsudats racinaires ou dans leurs tissus (tiges, feuilles, graines, racines). Elles agissent contre les nématodes comme des inhibiteurs, des phytoalexines, et même comme du poison. Ces actions s'observent à différents stades de développement du parasite : au stade œuf (inhibe l'éclosion) et au stade larvaire (bloque leur pénétration dans les racines, cas du Sésame, *Sesamum orientale*). Des cas d'empoisonnement du parasite ont été observés avec les substances actives de la pervenche de Madagascar (*Catharanthus roseus*) ou de l'asperge (*Asparagus officinalis*). C'est encore le même type d'action dans le cas du piégeage de *Radopholus similis* avec de l'arachide (*Arachis hypogaeae*, Fabaceae). Dans ce cas, ces substances



sont déjà présentes dans les tissus de la plante (tiges, fleurs, feuilles, graines, racines). En outre, en phase finale de décomposition des matières organiques, il y a libération dans le sol d'éléments minéraux (N, P, K) qui stimulent l'activité des parasites ou prédateurs naturels des nématodes, ce qui renforce l'effet nématicide des molécules libérées des tissus des plantes.

Parmi les produits actuellement commercialisés pour la lutte biologique contre différentes espèces de nématodes, il y a :

- la *Tagetes* des parfumeurs, sous le nom de Nemanon, utilisée en culture intercalaire pour lutter contre *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Meloidogyne* spp.;
- des crotalaires utilisées au Brésil comme engrais vert pour lutter contre *Meloidogyne* spp.

La plupart des nouvelles plantes ayant des propriétés nématicides sont originaires des pays tropicaux. Plus de 200 espèces de plantes, appartenant à 80 familles différentes, sont étudiées pour leurs propriétés. Des synergies fortes devraient se développer entre les centres de recherches travaillant sur l'usage de substances naturelles à activité nématicide, en prévision de l'abandon de l'usage des pesticides de synthèses actuels très chers et polluants.

Lutte chimique : utilisation de nématicides

L'utilisation de produits chimiques doit être le dernier recours si la combinaison de la pratique de la jachère et l'utilisation de plants sains n'a pas permis un assainissement durable (tableau 6.1).

En général, le couplage de matériel sain ou assaini et de terrain sain ou assaini permet le gain de deux ans au moins de non-utilisation de nématicides.

Le charançon noir du bananier

De nombreux planteurs cultivant le bananier plantain en Afrique ignorent l'existence du ravageur appelé le « charançon noir du bananier ». Ils connaissent pourtant la larve, mais ne font pas de lien entre celle-ci et l'insecte adulte. Différentes supputations sont donc entretenues par les uns et les autres sur les dégâts observés. Un certain nombre les attribuent aux fourmis qui les empêchent souvent de procéder aux soins de la plante.



Tableau 6.1. Liste de quelques matières actives homologuées (Fiche Technique Plantain, Carbap, Kwa *et al.*, 2017).

	Formulation	Quantité de produit commercial à appliquer
Oxamyl	240 SL	7,5 ml/plant
Fosthiazate	10 G	20 g/plant
Terbufos	10 G	30 g/plant
	15 FC	20 g/plant
Fenamiphos	10 G	30 g/plant ou
	15 G	20 g/plant
Carbofuran	10 G	30 g/plant
	5 G	60 g/plant

FC, granulé fin ; G, granulé ; SL, concentré soluble.

1. Pour d'autres nématicides appropriés homologués et disponibles sur le marché, se reporter à la notice d'utilisation et recommandations des fiches technique locales.

2. Les matières actives proposées sont recommandées à titre indicatif.

III Morphologie et développement

Le charançon (*Cosmopolites sordidus*) est un insecte coléoptère de 9 à 16 mm de long et de 4 mm de large. Il est de couleur noire et possède trois paires de pattes. Sa cuticule est très dure et son rostre allongé. La longévité moyenne estimée au champ est de un à deux ans.

D'autres espèces de charançons s'attaquent aux bananiers. Les charançons du genre *Polytus* sp., noirs et de très petite taille, provoquent peu de dégâts ; ceux du genre *Metamasus* sp., de couleur marron noir et de taille voisine à *Cosmopolites sordidus*, provoquent des dégâts pratiquement similaires à ceux de *Cosmopolites sordidus*.

Pendant la période de ponte, les femelles déposent leurs œufs sur des souches de bananiers pour procurer aux larves assez de nourriture pour leur croissance. La production d'œufs est faible, 1-4 œufs par semaine.

Les œufs et stades larvaires

Les œufs sont de forme ovale allongée, d'environ 2 mm de long et d'un blanc franc. La période d'incubation dure une semaine en moyenne, et varie de quatre à sept jours, elle est fonction des variétés de bananiers et des conditions ambiantes environnementales.



Après l'éclosion, la larve pénètre rapidement à l'intérieur de la souche où elle vit et se nourrit pendant toute cette phase. Elle est de couleur blanc crème, brun-rouge foncé au niveau de la tête ; elle utilise ses mandibules pour se nourrir des tissus tendres de la souche, laissant derrière elle des galeries pleines de ses déjections. Les galeries augmentent de diamètre au fur et à mesure du grossissement de la larve. Cette larve passe par plusieurs stades de développement avant d'atteindre sa taille finale (10 à 12mm). Au cours de son stade larvaire, le charançon cause des préjudices à la souche, aux rejets et même au faux-tronc, attaqué lorsque la souche est fortement minée et les réserves devenues insuffisantes, et que le nombre de charançons par unité de surface a beaucoup augmenté. La rapidité de la progression de la larve dans la souche dépend de sa structure fibreuse ou peu fibreuse. Une seule larve très active peut consommer le double de son volume en tissus de la plante par jour si bien qu'elle peut détruire en trois mois un bananier avec une souche très appétante (avec peu de fibres lignifiées).

Ce stade de développement du charançon (stade larvaire) contraste avec le stade adulte, ce qui explique que beaucoup de planteurs reconnaissent mal cet insecte. En effet, au stade adulte, le charançon ne fait plus de dégâts.

Pendant le stade larvaire, la larve est apode (sans pattes), ventrue et légèrement courbe. Elle se meut donc par circonvolutions et peut creuser des galeries pouvant atteindre 17 cm de long sans jamais déboucher hors de la souche. La durée de cette phase varie de 30 à 50 jours à l'intérieur de la souche, puis la larve change de forme et s'immobilise dans un cul-de-sac de la galerie, non loin de la périphérie de la souche : on parle alors d'abord du stade pré-pupe pendant 1 à 7 jours et ensuite du « stade pupe ».

Le stade pupe, encore appelé phase nymphale, a une durée qui varie de 4 à 22 jours. C'est un stade intermédiaire entre la larve et l'adulte, au cours duquel les ailes et les pattes du charançon se développent. La nymphe est blanche et mesure 12mm de long. Elle ne fait pas de dégâts sur bananiers.

L'adulte

À la fin de la nymphose, le jeune charançon émerge, mais demeure à l'intérieur de la loge nymphale pour terminer sa maturation. Il a une couleur plutôt brun-rouge (ou marron) au départ et, avec le durcissement de l'exosquelette, il prend une couleur noire à maturité complète. Cette période peut durer de 2 à 14 jours. Après cette



période, les jeunes charançons adultes sortent de la souche, puis vont chercher à s'accoupler. Cependant, seules les femelles sont dange-reuses, puisque ce sont elles qui pondent les œufs dont les larves vont relancer de nouvelles infestations.

La durée de vie de l'adulte varie de deux à quatre ans selon les situations et les spécimens (Vinatier, 2010). En général, la longévité moyenne au champ est estimée de un à deux ans. Les adultes peuvent vivre plus de six mois sans nourriture. Le sexe ratio observé sur le terrain à partir de collectes est de 1:1.

Les adultes présentent une grande résistance au jeûne lorsque les conditions ambiantes limitent leur activité générale. L'insecte adulte n'aime pas la lumière, il est attiré par les endroits chauds (25 C en moyenne) et humides et présente aussi une sensibilité particulière et contrastée lorsqu'on le touche sur le dos ou sur le ventre à certaines périodes de la journée. En effet, on note une sensibilité dorso-ventrale qui déclenche le mouvement de l'insecte s'il était au repos, cette sensibilité étant plus élevée pendant la nuit. *A contrario*, à certains moments de la journée, cette pression ne provoque aucun mouvement. Lorsque l'atmosphère ambiante est sèche et que l'humidité relative est en dessous de 40 %, l'adulte meurt au bout de quelques heures (12 heures). Le charançon noir du bananier résiste à l'immersion et survit pendant une semaine dans un espace rempli d'eau.

L'insecte a un mode de vie nocturne et se déplace en marchant au sol.

En saison sèche, le charançon se cache dans les bananiers ce qui permet de lui tendre des pièges. On le trouve facilement dans les débris végétaux de bananiers coupés au sol, notamment sous les faux-troncs coupés ou en décomposition, dans des environnements humides et quelques fois sous le sol. Les femelles adultes s'orientent préférentiellement vers les bananiers en phase pré-florale ou ceux ayant développé un régime et se cachent dans les gaines foliaires, vers la partie basse de la pseudo-tige, afin de pondre sur les souches alors très attractives. La première ponte survient entre 33-36 jours après la sortie de l'imago et se fait au rythme de 1-4 œufs/semaine. Il arrive souvent, en période défavorable, que les femelles réabsorbent leurs propres œufs (Gold *et al.*, 2001).

■ Identification des dégâts et leurs impacts

L'impact sur le bananier de l'attaque du charançon est très rapide. En effet, après une période d'incubation d'une semaine en moyenne,



les œufs éclosent ; les larves pénètrent dans la souche et commencent à la miner en se nourrissant de ses tissus. La taille des galeries augmente au fur et à mesure du grossissement de la larve pour former à la fin des tunnels de 10 à 12 mm de diamètre.

Pendant la phase larvaire qui dure de 30 à 50 jours, des galeries sont creusées par les larves, détruisant le système vasculaire et empêchant la sève brute de remonter vers les différentes parties de la plante. Ceci perturbe fortement le fonctionnement du bananier, et se traduit rapidement sur l'état des feuilles vivantes (jaunissement), et par la suite sur les fruits devenus chétifs. Lorsque les dernières feuilles sorties jaunissent en l'absence d'une carence en potasse, il est fort probable qu'il y ait beaucoup de charançons dans la plante. En dehors de la souche, les larves creusent quelquefois des galeries en remontant sur 30 à 40 cm dans le faux-tronc, ce qui aggrave l'état des limbes foliaires.

L'impact final principal de la destruction du système vasculaire aussi bien dans la souche que dans le faux-tronc a de graves conséquences : baisse en approvisionnement hydrique et minéral, stress et fragilisation de la plante, augmentation du taux de cassure ou de chute des bananiers. Dans certains cas, en l'absence de traitement, les pertes atteignent 50 % à 70 % de la récolte lors de fortes attaques.

Les durées de développement larvaire et post-larvaire varient largement, car elles sont dépendantes de la température (Traore *et al.*, 1996). Le cycle du charançon connaît donc de fortes variations, de 40 à 93 jours. La durée du temps des dégâts couvre 35 % à 54 % du cycle de vie de l'insecte. Il est donc important d'intervenir avant les infestations, notamment par des piégeages, pour réduire les dégâts éventuels de charançons sur le bananier plantain.

■ Méthodes de lutte

Les jachères n'ont aucun impact sur les charançons car ils se déplacent, vivent plusieurs années et se maintiennent en vie pendant plusieurs mois sans manger. La lutte contre le charançon passe en priorité par l'utilisation d'un matériel végétal sain ou assaini : choix de bons rejets sains, réalisation d'un bon parage et élimination de rejets charançonnés, pralinage avec une bouillie contenant un insecticide et un nématicide. Il faut éviter de planter dans les parcelles infestées de charançons. Les principales méthodes de lutte sont : piégeage, l'usage des insecticides (lutte chimique), lutte biologique, lutte culturale.



Le piégeage de masse

Le piégeage permet de faire un diagnostic sur l'abondance du ravageur afin d'envisager des traitements. Deux types de pièges sont utilisés.

Les pièges à faux-troncs

Le faux-tronc des pieds récoltés est découpé en tranches de 30 cm, puis divisé dans le sens longitudinal en deux parties. Ces deux parties, déposées face contre le sol de part et d'autre du pied-mère, forment un piège. Des pièges à faux-tronc peuvent être disposés aussi bien dans les parcelles en culture que dans le pourtour des parcelles après arrachage et broyage des bananiers et mise en jachère. Il est recommandé de passer tous les trois jours après la pause des pièges, on retourne ces derniers, on ramasse et on compte les insectes trouvés. Les charançons ramassés sont alors détruits (brûlés, écrasés, etc.). Au bout de neuf jours on doit renouveler les pièges.

On peut aussi empoisonner les pièges avec un insecticide. Cette technique permet de réduire la population de charançons de 10 % au maximum avec environ 100 pièges/hectare. Toutefois, le nombre de pièges peut varier en fonction de la densité de bananiers. Il est judicieux de faire le test du piégeage dans les parcelles où les bananiers ont tendance à tomber avant d'envisager le traitement de la parcelle.

Les pièges à phéromones

Il est aussi possible d'utiliser les pièges à phéromones. Le principe de ces pièges est le suivant : lorsqu'ils entrent en contact ou se nourrissent d'un faux-tronc, les charançons mâles produisent une phéromone d'agrégation (sordidine) principalement pendant la nuit. Cette substance a été synthétisée et est actuellement utilisée dans des pièges pour attirer les charançons.

Un piège d'interception est composé d'un bac rempli d'eau savonneuse, surmonté d'un couvercle auquel est suspendu un diffuseur de sordidine. Un espace est laissé libre entre le bac et le couvercle pour laisser passer les charançons. Divers dispositifs (plans inclinés, rampes) facilitent l'accès au bac des charançons, qui s'y noient. Ces pièges ont donné de bons résultats au Costa Rica et en Martinique (en conditions modérées d'infestation, de moins de 30 % de plants). Partout dans le monde, ils sont très développés en culture de banane dessert.

Le rayon d'action des pièges et les facteurs influençant l'efficacité du piégeage sont étudiés afin d'optimiser la disposition spatiale des



pièges dans la parcelle, ou dans le réseau de parcelles. En bananeraie (dessert), il est recommandé d'utiliser entre 4 et 16 pièges à phéromone à l'hectare. Pour les besoins de surveillance des populations des charançons, quatre pièges sont suffisants. Pour un contrôle dans un champ moyennement infesté, huit pièges à phéromone à l'hectare seront nécessaires. Dans les cas de très fortes infestations, on peut poser jusqu'à 16 pièges à l'hectare placés à 20m d'écart (Tixier *et al.*, 2010).

L'usage d'insecticides

Quand plus de 10 % des pieds d'une parcelle de bananiers sont atteints, en tenant compte de la « présence » ou « absence » de galeries dans la souche et sans prendre en compte le coefficient d'infestation (note comprise entre 0 et 100, attribuée à un bananier après estimation du nombre de galeries creusées par la larve du charançon et observables sur le pourtour de la souche), il peut être justifié d'utiliser des insecticides. Les principaux insecticides homologués et utilisés au Cameroun et dans la sous-région d'Afrique de l'Ouest et du Centre sont présentés dans le tableau 6.2.

La lutte chimique est de plus en plus abandonnée et même interdite dans certains pays en raison de la dangerosité des molécules utilisées et de leurs conséquences sur l'environnement et sur les humains. Il est important de privilégier désormais les voies alternatives comme la lutte biologique, susceptible de favoriser le contrôle des ravageurs par leurs ennemis naturels.

Associations de cultures et lutte biologique

Dans les associations de cultures, des plantes « de service » créent un environnement favorable à l'augmentation de la diversité faunique dans la parcelle. Ainsi, différents réseaux trophiques peuvent être constitués au sein des agrosystèmes. Ceux privilégiant des prédateurs généralistes peuvent alors jouer un rôle important dans le contrôle de certains ravageurs dont le charançon noir du bananier. Parmi les prédateurs déjà identifiés à travers divers travaux, il y a des fourmis (genres *Camponotus*, *Pheidole* et *Odontomachus*) (Gbèblonoudo *et al.*, 2015 ; Okollé, 2016) et d'autres invertébrés (perce-oreilles, araignées, etc.).

La reconstitution ou le développement de réseaux trophiques comme forme de lutte biologique ouvre de nouvelles perspectives dans le contrôle efficace de ce ravageur important du bananier plantain.

**Tableau 6.2.** Liste des insecticides recommandés contre les charançons et doses. (D'après Fiche Technique Plantain, Carbab, Kwa *et al.*, 2017).

Matière active	Nom commercial	Dose de produit commercial par hectare ou par plant	Mode d'application
Imidaclopride	Plantima 70 WG	0,7 kg/ha, soit 350 mg/plant	Dilution dans l'eau, 50 ml par plant à la base et autour du plant
	Insector 350 SC	1,4 l/ha, soit 0,7 ml/plant	
	Iron 70 WG	0,7 kg/ha, soit 350 mg/plant	
	Confidor 350 SC	1,4 l/ha, soit 0,7 ml/plant	
	Attakan 350 SC	1,4 l/ha, soit 0,7 ml/plant	
Thiametoxam	Actara 25 WG	1,6 kg/ha, soit 0,8 g/plant	Dilution dans l'eau de 0,8 g de produit commercial dans 100 ml pour un plant
Fipronil	Regent 50 SC	7 ml/plant	Application à la base et autour du plant avec un appareil CARPI
Etoprophos	Mocap 15 G	30 g/plant	Application à la base et autour du plant avec des dosettes calibrées
	Pacom 20 G	22,5 g/plant	
Terbufos	Counter 10 G	30 g/plant	
	Counter 15 FC	20 g/plant	
Carbofuran	Bastion 10 G	30 g/plant	

FC, granulé fin ; G, granulé ; SC, suspension concentrée ; WG, granulé dispersable dans l'eau.

Lutte culturale : la jachère

Cette stratégie a pour but de priver le charançon de ses ressources afin de réduire significativement les populations. La jachère devra donc être travaillée de manière à supprimer les lieux de ponte (souches de bananiers). L'insecte ayant une capacité de survie très élevée en l'absence de nourriture, la jachère devra durer une année au moins. La parcelle en jachère doit aussi être entourée de pièges à faux-troncs de bananiers et/ou de pièges à phéromones pour traquer les individus émigrant vers



les parcelles plantées voisines. Il est donc important de gérer la mise en jachère à l'échelle d'un réseau de parcelles. Une jachère bien gérée réduit significativement l'infestation initiale de la bananeraie lors de la replantation.

À l'issue du temps de jachère, la replantation doit se faire préférentiellement avec des vitroplants ou des vivopants.

Encadré 6.1 - Le rôle des fourmis observées sur les bananiers

En dehors du fait qu'elles peuvent nous piquer, les fourmis doivent plutôt être considérées comme des partenaires pour le bananier, au pire elles sont neutres. Elles peuvent être utilisées en lutte biologique contre le charançon (larve et nymphe). Les fourmis noires trouvées dans les galeries creusées par la larve du charançon dans la souche ne causent pas de dégâts sur la plante, mais la nettoient des larves dangereuses du charançon. Après avoir capturé les larves éventuelles de charançons vivants dans la tige, elles peuvent utiliser les galeries creusées par ces larves pour constituer des nids de ponte pour leurs propres colonies. On n'a jamais vu une fourmi se nourrir d'une partie quelconque d'un bananier. *La présence de fourmis devrait donc être considérée comme un bon indicateur de la présence de charançons.* L'abondance des fourmis suppose de fortes attaques de charançons, même sur les rejets attenants éventuels. Les fourmis peuvent donc être considérées comme des alliés.

Encadré 6.2 - Règles d'utilisation des nématicides et insecticides

- Ne pas utiliser tout le temps un même pesticide (nématocide, insecticide) sinon risque d'accoutumance des parasites et inefficacité à long terme du produit.
- Ne pas traiter trois mois avant la récolte, sinon risque d'avoir des résidus dans les fruits.
- Se laver les mains avec du savon et changer d'habits après utilisation des pesticides, sinon risque de contamination par la peau ou ingestion de matière active après manipulation des aliments avec des mains souillées.
- Ne pas boire de lait, sinon renforcement des risques liés aux matières actives absorbées par inhalation ou par ingestion. Le lait fixe ces matières actives sans les rendre inoffensives dans le corps.
- Ne pas travailler après 10h du matin quand il fait chaud, sinon risque d'intoxications respiratoires, vertiges, évanouissements, etc.
- Ne pas fumer, ni boire pendant le traitement, sinon aggravation des risques respiratoires et autres problèmes de santé.



7. Lutte contre les maladies des feuilles et des fruits

Identification et description des symptômes des cercosporioses

Les cercosporioses sont les principales maladies du feuillage des bananiers. Elles sont provoquées sur les feuilles par deux espèces de champignons du genre *Mycosphaerella* (spécifique des bananiers). Les cercosporioses se manifestent par un dessèchement des feuilles dont l'importance dépend des conditions climatiques et de la variété des plantes. Elles sont qualifiées de «jaune» ou de «noire» suivant l'espèce du champignon infestant. Découverte en Asie du Sud-Est, la cercosporiose jaune s'est diffusée en Afrique et en Amérique latine de 1930 à 1960. La cercosporiose noire, détectée pour la première fois en 1963, a atteint les continents africain et américain en 1972 et a envahi diverses zones de production en une quinzaine d'années.

▮ Types de cercosporioses

On distingue deux types de cercosporioses :

- la cercosporiose jaune ou maladie de Sigatoka due à *Mycosphaerella musicola* ;
- la cercosporiose noire ou maladie des raies noires due à *Mycosphaerella fijiensis*.

▮ Symptômes

La cercosporiose jaune ou maladie de Sigatoka

Elle se caractérise par l'apparition sur la feuille de petits points jaunes, qui évoluent en tirets marron (lésions de quelques mm), qui grandissent et forment des plages de dessèchement de la feuille (des nécroses). Les symptômes sont caractéristiques et évoluent en cinq stades. Un certain nombre de symptômes sont typiques, respectivement pour les cercosporioses jaune et noire (tableau 7.1).

**Tableau 7.1.** Types et caractéristiques des cercosporioses des bananiers.

Types	Cercosporiose jaune ou maladie de Sigatoka	Cercosporiose noire ou maladie des raies noires (MRN)
Agent pathogène	<i>Mycosphaerella musicola</i>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>
Virulence	Moyenne	Très agressive
Cycle de vie	Long : 4 à 5 semaines	Court : 2 à 3 semaines
Gamme d'hôtes	Réduite parmi les musacées	Très large : s'attaque à la quasi-totalité des variétés de bananes du genre <i>Musa</i>
Statut particulier du plantain	Tolérant	Très sensible
Dégâts et sévérité	Moyens avec envahissement plus lent. Plus facile à contrôler	Très importants sur les mêmes variétés, avec envahissement très rapide sur les plants. Sévérité à grande échelle. Plus difficile à contrôler
Aire de présence	Aires de culture des bananiers. Mais certaines zones sont encore épargnées	Aires de culture des bananiers. Présence dans la quasi-totalité des pays producteurs de plantain

La cercosporiose noire ou maladie des raies noires

Elle se caractérise par l'apparition sur la feuille de points de dépigmentation blanchâtres ou jaunes, observables par transparence sur la face inférieure de la feuille, qui par la suite évoluent en tirets de 2 mm de long sur 1 mm de large et de couleur brun-rouge. Ces tirets continuent d'évoluer et deviennent brun foncé ou noirs (visibles sur face supérieure), pour ensuite s'élargir en une tache elliptique entourée d'une zone marron clair. Les symptômes caractéristiques évoluent en six stades (tableau 7.2).

Cycle infectieux

Les champignons responsables des cercosporioses des bananiers se reproduisent et se dispersent de deux façons.

Sous la forme conidienne. Les tirets marron produisent pendant une semaine des conidies (spores fines et allongées) à la surface des feuilles, dispersées par la pluie sur la même feuille ou les feuilles de dessous.



Tableau 7.2. Stades d'évolution de la cercosporiose jaune et de la maladie des raies noires.

Stade	Cercosporiose jaune Cinq stades d'évolution des symptômes	Maladie des raies noires Six stades d'évolution des symptômes
1	petit point jaune d'environ 1 mm de diamètre à la face supérieure de la feuille	petit point de dépigmentation de couleur blanchâtre ou jaune non visible en lumière transmise, observable uniquement à la face inférieure de la feuille ; ce point devient progressivement brun rouge de 0,25 mm de diamètre environ, visible sur la face inférieure de la feuille
2	ce petit point devient un tiret jaune de quelques millimètres	ce point s'allonge et s'élargit. Il forme un tiret parallèle aux nervures secondaires mesurant 2 mm sur 1 mm
3	le tiret s'allonge et s'élargit. Il devient une tache de forme ovale allongée, de coloration brun rouille assez uniforme, aux contours assez mal définis se fondant progressivement avec la coloration normale du limbe	le tiret continue de s'allonger et devient brun foncé à noir. Il est bien visible à la face supérieure du limbe
4	la tache atteint ses dimensions définitives de 12-15 mm de longueur sur 2-5 mm de large ; elle est généralement entourée d'un halo jaune qui, par transparence, apparaît comme imprégné d'eau	le tiret s'élargit en une tache elliptique entourée d'une zone marron clair
5	la tâche est complètement développée avec son centre desséché de couleur grise ; elle est entourée d'un anneau noir et souvent d'un halo jaune. Cette tache persiste quand la feuille se dessèche	le centre noir de la tache se déprime, la bordure devient plus nette et s'entoure d'un halo jaunâtre
6		le stade ultime d'infection est une tache grise avec un anneau noir entouré d'un halo jaune vif

Sous la forme d'ascospore. Les nécroses (stade 5 ou 6) produisent des ascospores (petites spores rondes) qui sont éjectées des feuilles plus basses dans l'air après une pluie, dispersées par le vent. Une feuille nécrosée peut projeter des spores (1 million pour un plantain)



pendant un mois. Il est important de noter la force de dispersion des deux types de propagules : la distance moyenne de dispersion horizontale des conidies est de 3 mètres alors que celle des ascospores est de 230 mètres, ce qui fait de ces derniers la forme de dispersion la plus dangereuse. La dispersion verticale se fait par les eaux (pluie, rosée) sur de courtes distances, des bananiers plus grands (porteurs) aux plus jeunes (rejets).

En dehors du vent et de la pluie, l'utilisation de matériel végétal contaminé et l'achat de rejets dans des zones où la maladie est présente contribuent aussi au transfert de la maladie vers des zones indemnes.

La présence d'humidité (pluie ou rosée) est strictement nécessaire à l'infection avec des températures moyennes de 25 à 28°C pour la cercosporiose noire et plus basse (20-26°C) pour la cercosporiose jaune. Ainsi en saison sèche, il n'y a quasiment pas d'infection, ce qui permet un contrôle naturel des cercosporioses. Les premiers symptômes apparaissent après deux semaines pour la cercosporiose noire ou trois semaines pour la cercosporiose jaune. Puis les symptômes évoluent en une à trois semaines en nécroses. Ainsi en saison humide, la durée du cycle de la maladie est de trois semaines pour la cercosporiose noire et de quatre semaines pour la cercosporiose jaune. Ces durées s'allongent jusqu'à deux ou trois mois en saison sèche ou fraîche.

Impact

Les cercosporioses diminuent la surface foliaire verte, réduisant ainsi l'activité photosynthétique de la plante. Ces dégâts ont des répercussions quantitatives (baisse de rendement) et qualitatives (baisse de la qualité des fruits).

En l'absence de contrôle, le dessèchement des feuilles est rapide et conduit à une production de fruits moins bien remplis (doigts plus maigres) engendrant des poids de régime plus faibles et ayant une maturité plus précoce. Ainsi les fruits récoltés peuvent mûrir sur pied (au champ) ou mûrissent au bout de quelques jours contre 10 à 20 jours pour les fruits récoltés sur des bananiers sans cercosporiose. De plus, les plants fortement atteints ont un retard de floraison donc un allongement de la durée de leur cycle. En dépit d'une défoliation importante des plantes, celles-ci continuent de vivre et n'en meurent pas toujours, sauf dans des cas de très fortes infections rencontrées chez des cultivars très sensibles. Dans les zones de culture intensive, c'est-à-dire à forte



densité sur de grandes superficies, l'intégralité de la production peut être perdue. Il a été estimé que l'impact de la cercosporiose noire sur le rendement est de 25 à 40 % pour le plantain.

L'impact des cercosporioses est fort en saison des pluies. En monoculture, la propagation de la maladie est beaucoup plus rapide que dans les systèmes extensifs traditionnels. Ainsi dans les parcelles où le plantain est associé à d'autres cultures (macabo, manioc, légumes, etc.) et/ou dans les cacaoyères, on remarque peu de feuilles séchées et un impact faible de la maladie.

Il ne faut pas confondre les effets de la cercosporiose avec d'autres causes du dessèchement des feuilles. On peut citer par exemple deux cas qui ne résultent pas de l'impact de la cercosporiose : le vieillissement naturel des feuilles, la couleur jaune qui peut révéler une carence en potasse.

▮ Stratégies de lutte

Les cercosporioses se dispersant par le vent, la lutte chimique doit se faire sur toute une zone de production, ce qui implique une coordination des traitements entre les planteurs.

Les autres méthodes de lutte préconisées sont des méthodes prophylactiques (l'effeuillage), des pratiques culturales défavorables à la maladie, une bonne croissance de la plante, la culture de variétés résistantes ou tolérantes et la lutte chimique. Le champignon et la culture du bananier étant présents toute l'année, l'infection par les cercosporioses se fait tout au long de l'année. Il n'y a donc pas de mesure préventive, si ce n'est celle de contrôler et suivre le niveau de maladie pour limiter son impact.

Les méthodes prophylactiques

L'effeuillage du bananier consiste à éliminer tout ou parties (pointes) des feuilles nécrosées (desséchées) pour réduire la production de spores par le plant. L'effeuillage limite les contaminations secondaires sur le plant et la diffusion de la maladie entre les bananiers. Il réduit la pression parasitaire sur l'individu, au sein de la parcelle et d'une zone de production (si la pratique est généralisée). Il est facile à réaliser et peu coûteux.

En phase végétative, il est conseillé d'éliminer régulièrement toutes les feuilles nécrosées à plus de 40 %, toutes les deux semaines en saison humide et toutes les quatre semaines en saison sèche.



En phase florale, il faut faire attention à la façon d'effeuiller (de couper les feuilles) quand le régime est en place sur la plante et qu'il est encore immature. Il ne faut pas couper trop de feuilles. Il faut au moins six feuilles vivantes à la floraison (période de sortie de la dernière main viable sur l'inflorescence) pour conduire à bien un régime.

Une feuille vivante a au moins les 2/3 de sa surface non attaquée. Après la floraison, il faut donc éviter de couper les feuilles vertes qui permettent le développement du fruit. Le niveau de remplissage des doigts du régime peut constituer un indicateur de la sévérité des attaques et de la vitesse de perte de feuilles.

À la récolte, il est conseillé de couper toutes les feuilles restantes du plant récolté en laissant une hauteur du pseudo-tronc d'environ 1,5 m. Il est aussi important d'effeuiller le plant porteur d'un régime et son rejet si des nécroses sont visibles.

Les feuilles ou morceaux de feuilles coupés doivent être rassemblés dans l'inter-rang et déposés les uns sur les autres pour former des andains permettant une dégradation naturelle plus rapide de ces parties contaminées. Pour accélérer cette élimination, une solution de 10 % d'urée (10 kg dans 100 litres d'eau) peut être appliquée sur les tas de feuilles.

Un minimum de huit feuilles vivantes à la floraison permet généralement un bon remplissage du régime. Cette pratique est efficace, simple, manuelle donc peu onéreuse. Elle exige de la régularité.

Des pratiques culturales défavorables à la maladie

Il s'agit de réaliser sur la parcelle des pratiques culturales qui vont perturber le cycle de la maladie par un effet préventif (éviter ou réduire l'infection des jeunes feuilles) et/ou un effet curatif (soins en freinant la vitesse d'évolution des symptômes).

La densité de plantation

Pour réduire l'infection des jeunes feuilles par les spores, il est recommandé en monoculture de plantain des densités de plantation de 1 600 à 2 000 pieds/ha (2 m × 3 m par exemple). Il est recommandé un œilletonnage régulier pour ne garder que un à deux rejets autour du plant porteur.

Des cultures associées

Il s'agit de cultiver entre les rangs de plantain des spéculations non hôtes des agents pathogènes des cercosporioses des bananiers (l'igname, le



maïs, des arbres fruitiers, etc.). Ces associations réduisent la densité des bananiers dans la parcelle et permettent globalement une incidence plus basse de la maladie.

Il est recommandé de choisir sa date de plantation de telle sorte que la floraison et la récolte aient lieu pendant la saison sèche au cours de laquelle le niveau de maladie est réduit naturellement.

Système de culture annuelle

En cas de forte pression parasitaire et en fonction des exploitations, il est possible de conduire la culture du plantain de façon annuelle et changer de culture l'année d'après. Cela permet d'assainir la parcelle des spores de cercosporioses qui ne survivent que sur les bananiers.

Drainage et désherbage

Un bon drainage réduit le taux d'humidité de la parcelle et limite les proliférations des agents pathogènes. Ceci permet donc de freiner l'évolution de la maladie. Pour renforcer l'effet du drainage, il est conseillé de désherber (manuellement) autour des bananiers.

Type d'irrigation

En cas de nécessité d'irrigation, un système d'irrigation sous frondaison des bananiers est conseillé. Il permet de réduire l'expansion de la maladie dans la bananeraie.

Une bonne croissance de la plante

L'impact des cercosporioses dépend également de la croissance des bananiers et en particulier de la vitesse d'émission de ses feuilles jusqu'à la floraison. Si la plante met plus d'une semaine pour émettre une nouvelle feuille, la sévérité de la maladie sur la plante sera plus élevée.

Pour une bonne croissance du bananier, il est recommandé de le cultiver dans des sols pas trop acides; en outre, en fonction de la richesse minérale et de l'état sanitaire du sol au démarrage de la plantation, on conseille de réaliser des rotations (après trois à cinq ans de culture continue) et /ou des jachères (d'au moins six mois).

Il est conseillé de fertiliser les bananiers plantains avec des engrais organiques riches en azote, phosphore et potassium (par exemple, du fumier de volaille à raison de 10t/ha/an, du compost, etc.), avec des rachis de régimes (ayant plus de six mois de décomposition); des résidus d'autres cultures (parche de café, de coco) ou tout autre déchet organique.



Des engrais minéraux industriels peuvent également être appliqués à raison d'au moins 100kg/ha/an d'azote et 200kg/ha/an de potassium. Pour des raisons économiques et écologiques, il est conseillé de privilégier les engrais organiques. Enfin, pour assurer une bonne alimentation, il est conseillé de contrôler particulièrement les charançons et les nématodes qui, par leurs dégâts, réduisent la capacité d'absorption des éléments minéraux et organiques.

L'utilisation des variétés résistantes

Certaines variétés (nouvelles ou anciennes) sont dites résistantes aux cercosporioses, c'est-à-dire que pour ces variétés, l'évolution des cercosporioses se fait si lentement que le feuillage de la plante n'est pas particulièrement affecté. On peut citer le CRBP39, les FHIA20 et FHIA21, le Topala, etc. Selon les types de résistances, la maladie peut être bloquée à des stades précoces (stade 1 de la maladie), ou bien le développement des lésions se fait beaucoup plus lentement (résistance partielle ou tolérance). L'insertion de variétés résistantes dans des associations culturales ou les mélanges de variétés peuvent réduire la pression globale de la maladie sur les variétés sensibles.

La lutte chimique

L'application de fongicides (biofongicides ou industriels) permet de réduire l'infection et l'évolution sur la plante. Elle nécessite des équipements qui coûtent cher (atomiseur à dos, avion avec rampes d'aspersion des produits). Le coût du contrôle de la cercosporiose noire par des traitements chimiques est trois à six fois plus élevé que celui de la cercosporiose jaune. L'utilisation de tels moyens n'est possible que dans des exploitations importantes pouvant utiliser des produits phytosanitaires appropriés et respecter les normes en rapport avec leur usage. En effet, le processus de contrôle est très complexe et il n'est pas adapté aux conditions de production actuelles des exploitations paysannes de plantain. Mais l'émergence de petites et moyennes entreprises agricoles observées ces dernières années dans différents bassins de production suggère de mettre à la disposition des utilisateurs potentiels des informations et des services susceptibles d'être appliqués en cas de besoin.

L'utilisation des biofongicides

L'application de biofongicides (comme le lixiviat de rachis, les huiles de citrus, etc.) peut être réalisée en complément de l'effeuillage. Elle



nécessite la disponibilité de tels produits et/ou l'installation d'un dispositif approprié pour leur fabrication à proximité ou au sein de l'exploitation.

L'utilisation de ces biofongicides contre les cercosporioses constitue une bonne alternative aux produits de synthèse, très polluants et dangereux pour la santé. Leur emploi devrait être préconisé dans le système de lutte intégrée contre ces maladies.

Par exemple, Le Neco est un extrait des feuilles fraîches de l'*Ocimum gratissimum* (appelé couramment le basilic africain) obtenu par entraînement à la vapeur d'eau. Il a été observé une réduction significative de la vitesse d'évolution de la maladie chez les bananiers traités.

Maladies des fruits : identification et description des symptômes

Parmi les maladies sur fruits et/ou sur inflorescences de plantain, deux sont plus fréquentes dans les zones de production : la maladie du « bout de cigare » due à un champignon nommé *Trachysphaera fructigena*, et la pyriculariose due à un autre champignon, le *Pyricularia grisea*.

■ La maladie du bout de cigare

Elle est provoquée par un champignon parasite des fruits et de l'inflorescence du bananier, le *Trachysphaera fructigena* ou encore par *Verticillium theobromae*. Cette maladie est, en général, localisée dans les zones d'altitude (> 400 m) à température basse, forte humidité et faible ensoleillement. De plus en plus, elle se manifeste aussi dans les zones de basse altitude, notamment avec le changement climatique. Les fortes densités utilisées en culture intensive favorisent le développement de ce champignon.

Il est indispensable, dans certaines régions, d'avoir recours à la lutte chimique, car la méthode de l'épistillage pratiquée sur bananier dessert est difficilement applicable sur plantain.

On utilisera un produit fongicide (Ridomil à 1 000 ppm) en pulvérisation sur les mains, dès l'apparition de celles-ci. On traitera deux fois le même régime (une répétition de l'application quand les trois ou quatre premières mains sont découvertes puis le régime entier).

La ligature de l'inflorescence est une autre pratique de contrôle. Elle consiste à empêcher l'ouverture normale des bractées jusqu'à 'fanaïson' des pièces florales, notamment le pistil au bout des doigts de plantain,



zone d'entrée du champignon dans le fruit. Les doigts ne peuvent donc pas se relever normalement. Cette pratique est efficace, mais elle modifie l'aspect des régimes car les fruits restent tombants, port inhabituel de la plupart des variétés.

▮ La pyriculariose

Cette maladie est provoquée par un champignon parasite des fruits, *Pyricularia grisea*, dont la présence se manifeste par des petites taches noires arrondies, pouvant atteindre 4 à 6 mm de diamètre, formant de petites dépressions dans la peau à un stade proche de la maturité. Cette affection n'a pas d'incidence sur la pulpe. Seule la qualité marchande est touchée.

▮ Les viroses

La virose la plus répandue sur le plantain est la maladie du *Bunchy Top* (BBTD), ou maladie du sommet touffu du bananier, dont l'agent causal est le *banana Bunchy top virus* (BBTV). Elle est transmise principalement par un aphididae, *Pentalonia nigronervosa*, très présent dans les bassins de production du plantain en Afrique.

Ces dernières années, il a été constaté que de nouvelles aires ont été contaminées à travers les mouvements de rejets à l'intérieur des pays ou dans les zones transfrontalières. Plusieurs pays sont concernés par cette maladie : République centrafricaine, Gabon, Congo, République démocratique du Congo, Cameroun, Nigeria, Bénin. Elle fait actuellement l'objet d'une veille phytosanitaire et d'une veille scientifique.

Il n'existe pas encore de moyens de lutte chimique contre cette maladie. La seule forme de lutte est l'éradication des pieds atteints. La lutte préventive est organisée par les ministères de l'Agriculture des pays concernés pour empêcher la circulation du matériel végétal des zones endémiques vers les zones saines.

Le tableau 7.3 contient des informations sur l'agent causal, les signes et le traitement de quelques principales maladies des bananiers plantains.



Tableau 7.3. Les principales maladies du bananier plantain et moyens de lutte recommandés.

Maladies	Agent causal	Signes à observer (dégâts)	Traitement
Cercosporioses	Champignons		Suppression des feuilles entièrement nécrosées ou de la partie de la feuille atteinte (technique d'effeuillage) Densité de plantation entre 1 600 à 2 000 pieds/ha Élimination des mauvaises herbes Apport d'engrais organiques Utilisation possible de fongicides (voir liste plus loin) appliqués soit systématiquement, soit de manière raisonnée par avertissement Hybrides de type plantain résistants et cultures associées (légumes, céréales)
Cercosporiose noire Maladie des raies noires (MRN)	Champignon (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>)	Trets jaunes, bruns ou brun foncé à noirs sur feuilles, sans nervures secondaires Taches desséchées plus larges avec anneau noir ou jaune	
Cercosporiose jaune Maladie de Sigatoka (MS)	Champignon (<i>Mycosphaerella musicola</i>)	Aspect «brûlé» de la feuille très desséchée	
Maladie du bout de cigare	Champignon (<i>Trachysphaera fructigena</i>)	Bout des fruits avec aspect d'un cigare consumé Taches noires sur fruit et noircissement des fruits par les bouts Taches noires à l'intérieur du fruit immature coupé	Épistillage (suppression précoce des pièces florales à la floraison). Passage tous les 2 jours en saison des pluies et tous les 3 jours en saison sèche Gainage des régimes dès la sortie de la fleur et avant l'ouverture des mains Ligature des inflorescences pendant quelques jours
Viroses (maladies causées par les virus)	Virus	Trets jaunâtres ou bruns sur feuilles, parallèles aux nervures secondaires Plages décolorées sur limbes et nervures Déformation pseudo-tige et éclatement des gaines foliaires	Arrachage systématique des pieds atteints Contrôle périodique de tout le matériel ayant la même provenance



8. Création et gestion technique d'une bananeraie

À travers une série d'enquêtes menées dans les bassins de production en Afrique (Cameroun, République centrafricaine, Gabon, Guinée équatoriale, Congo, Tchad, etc.), ont été mis en évidence des problèmes et des besoins communs aux producteurs.

Ces constats sont principalement les suivants :

- la plupart des producteurs ont une gestion empirique de la bananeraie ;
- ils reproduisent certaines pratiques de leurs voisins sans en vérifier la nécessité pour leur plantation ou sans en comprendre les mécanismes ;
- ils ne maîtrisent pas la gestion de la succession des rejets ;
- ils ne pratiquent pas l'œilletonnage, car ils prélèvent des rejets pour de nouvelles plantations ;
- ils constatent le dépérissement des bananiers sans en comprendre l'origine ;
- la notion de cycle n'est pas maîtrisée ; elle est plutôt remplacée par celle du nombre de récoltes, même si les régimes coupés proviennent de pieds frères ;
- ils relèvent que certains bananiers croissent vite, mais ne produisent jamais ; ils ne connaissent pas les maladies et continuent de prélever des rejets, favorisant ainsi la dissémination des éventuelles maladies ;
- la pratique du tuteurage est approximative ;
- pour beaucoup de producteurs, la jachère est simplement un champ abandonné lorsqu'il devient improductif, laissé en friche plusieurs années (5 à 20 ans) avant de replanter ; ils n'appréhendent pas les risques phytosanitaires inféodés aux espaces abandonnés ;
- certains ont des repères pour estimer la fertilité d'un sol (couleur du sol, présence d'une forêt, plantes indicatrices, etc.), mais ils ne connaissent pas les causes de la perte de fertilité et parlent de « sols fatigués ».

En Amérique latine, des préoccupations similaires apparaissent au sein des systèmes de production pratiqués : par exemple, les problèmes de l'adaptation du calendrier de production à partir des rejets en fonction de la variété, l'utilisation de variétés adaptées aux contextes de production, comment intensifier la culture du plantain et quelles sont les densités alternatives, les problèmes de gestion intégrée de la fertilité des sols, de gestion intégrée des ravageurs, le choix de meilleurs systèmes de culture intercalaires, etc.



La réussite d'une bananeraie requiert une bonne appréciation et intelligence des trois piliers suivants :

- l'objectif, à savoir le type de marché, l'autoconsommation, le revenu cible, l'usine de transformation...;
- le terrain et le contexte naturel appropriés;
- des ressources suffisantes en financement, travail, foncier et intrants, «Une bananeraie durable et productive se gagne à la plantation».

Ces données sont capitales, car l'itinéraire technique se définit en fonction de l'objectif, mais aussi en fonction du terrain et des moyens disponibles.

Le choix du terrain et de la densité de plantation

Ils dépendent de l'objectif de production du plantain, des contraintes liées au terrain pressenti, connues à travers l'histoire de la parcelle (pratiques ancestrales communautaires, successions culturelles), des contraintes de moyens et des choix techniques du producteur.

▮ Choisir son terrain

Pour un bon choix du terrain, il faut vérifier les points suivants :

- accès facile aux moyens de transport (pour évacuer la récolte en tout temps et sans difficulté, et diminuer les temps de travaux en cas de récolte surtout pour les bananeraies d'une superficie importante);
- pente faible ou nulle (terrain plutôt plat ou avec une pente ne dépassant pas 5 % pour éviter les effets liés au vent et à l'érosion par les eaux de surface);
- sol avec bonne texture et structure correcte;
- terrain avec ensoleillement suffisant et ombrage modéré (inférieur à 30 %);
- terrain non inondable (nappe phréatique à plus d'un mètre en dessous de la zone limite de prospection des racines);
- zone non soumise aux vents ou avec peu de vent (sinon il faudra construire des brise-vent et faire du tuteurage pour éviter les chutes de bananiers).

Il faut éviter :

- des sols trop argileux;
- des sols avec trop de cailloux.

Pour identifier si un sol est trop argileux, prendre dans la main un peu de terre à 10 cm de la surface, en faire un boudin de 10 cm, rejoindre les



deux bouts. S'il ne se brise pas et reste bien lisse, le sol est trop argileux. S'il n'est pas lisse, mais plutôt rugueux et se casse par endroits sans se décomposer complètement, le sol peut être intéressant.

Les caractéristiques chimiques des sols peuvent varier à l'intérieur d'un même terrain et entre champs voisins. Elles peuvent être obtenues par analyse dans un laboratoire spécialisé. En l'absence de moyens pour les analyses, on peut tenir compte de l'expérience et des indicateurs que transmettent les anciens. Par exemple, la présence de certaines plantes peut montrer que le sol n'est pas approprié pour le bananier : *Imperata cylindrica* (herbe à matelas) est indicateur de l'appauvrissement du sol et de son acidification ; de même pour certaines fougères très envahissantes. Dans certains villages, les agriculteurs observent par expérience certains arbres ou plantes comme indicateurs.

Un sol infesté de parasites ravageurs des bananiers est à écarter. Il faut donc tenir compte des précédents culturaux susceptibles de transférer ces parasites aux bananiers et éviter les sols concernés. En effet, les bioagresseurs déjà présents peuvent limiter la croissance et le développement des bananiers et même contribuer à l'apparition de maladies suite à l'affaiblissement des plants.

■ Le choix de la densité de peuplement

Elle s'exprime généralement en nombre de plants/hectare. Elle doit être choisie en fonction :

- des caractéristiques du sol ;
- des objectifs de production : rendements, régularité sur l'année ou ciblé pour des dates de production (consommation) ;
- de la conduite en « porteur unique » ou en « touffes » ;
- de la variété ;
- d'autres cultures que l'on veut associer temporairement ou de façon durable au bananier ;
- des moyens dont on dispose : apports éventuels d'engrais ou autres, travail, mécanisation.

Quand la densité augmente, la taille et le poids des régimes diminuent. En revanche, le rendement global de la parcelle est généralement plus élevé.

En l'absence de tuteurage et d'un bon suivi de la parcelle, les pertes peuvent varier de 15 à 35 % dans les zones soumises aux vents et infestées de parasites telluriques.



N.B. : Densité et écartements. La densité représente le nombre de pieds à l'hectare. Une même densité peut être obtenue pour des combinaisons d'écartements différentes. Exemple : pour avoir 1 666 plants/ha, la disposition des plants est soit en $3\text{ m} \times 2\text{ m}$, soit en $2,5\text{ m} \times 2,4\text{ m}$, etc.

▮ La quantité de matériel végétal nécessaire

Le choix d'une densité détermine le besoin de matériel végétal :

- en $3\text{ mètres} \times 3\text{ mètres}$, il faut 1 100 pieds/ha
- en $3\text{ mètres} \times 2\text{ mètres}$, il faut 1 666 pieds/ha
- en $2,8\text{ mètres} \times 2\text{ mètres}$, il faut 1 800 pieds/ha

On peut aller jusqu'à 2 500 pieds/ha ou plus, si le sol est très bon et si l'ensoleillement est correct tout au long de l'année.

Il existe des variétés de plantain géantes, des moyennes et des naines. Les variétés de bananiers moyens et les bananiers nains qui ont des feuilles plutôt érigées peuvent convenir pour des densités élevées en monoculture. Pour les bananiers géants, il vaut mieux planter avec des densités relativement faibles ou moyennes. Le principe recherché est que les feuilles des bananiers se rejoignent et couvrent le sol pour limiter l'enherbement.

Le choix d'une conduite en touffes ou en porteur unique peut influencer sur la densité à la plantation. La conduite en touffes augmente la densité jusqu'à une limite que l'agriculteur doit se fixer compte tenu de ses objectifs, tandis que, avec le porteur unique, la densité est constante au cours des cycles successifs. Il faut donc en tenir compte à la mise en place du premier cycle ou lors du choix du second cycle et des cycles suivants. Toutefois, lorsque le choix d'une conduite en touffes a été fait, il faut stabiliser le nombre de porteurs par touffe dès le 2^e ou le 3^e cycle.

Les opérations d'œilletonnage sont indispensables quel que soit le mode de conduite choisi afin de maintenir la densité retenue pendant toute la durée de la culture sur la parcelle.

La préparation du terrain

La préparation du terrain englobe les opérations d'abattage, tronçonnage, andainage, défrichage, piquetage, trouaison, création de pistes de desserte des parcelles, etc.

**Photo 8.1.**

Culture en touffe. © M. Kwa

▮ Champ créé en zone de forêt

Deux possibilités s'offrent au planteur : dégagement total par abattage systématique ou dégagement raisonné.

Dégagement total par abattage systématique

Ce dégagement, difficile à mettre en œuvre, coûte cher. Quelques planteurs disposent de tronçonneuses motorisées, mais la plupart procèdent à l'abattage à la hache ou à la machette, ce qui rend le travail très difficile et ne permet pas d'ouvrir des surfaces importantes pour les cultures. Dans ces situations, ceux qui peuvent disposer de quelques moyens financiers louent les services de ceux qui ont des tronçonneuses pour réduire la pénibilité du travail et gagner du temps. En effet, après



l'abattage des arbres, les planteurs doivent dégager le sol encombré pour ne pas gêner les opérations culturales, etc.; il faut procéder à l'ébranchage, au découpage des rondins et à l'andainage, ce qui accroît le coût et le temps de la mise en valeur de l'exploitation.

Dégagement raisonné

Les bananiers seront plantés dans le sous-bois défriché préalablement, puis les arbres sont abattus de manière sélective tout en réglant l'ombrage (< 30 %). Progressivement les grands arbres abattus sont coupés et, en pourrissant, vont enrichir le sol en matière organique – ce qui ne serait pas le cas si les arbres étaient brûlés (bien qu'après un feu, l'effet fertilisant des cendres est plus rapide mais de courte durée).

▮▮ Champ créé sur une jachère ou sur un terrain déjà cultivé

Trois possibilités s'offrent au planteur :

- une préparation manuelle (désherbage à la machette);
- une préparation chimique (désherbage avec de l'herbicide);
- une préparation mécanique (suivant les moyens de mobilisation d'engins lourds). Cette formule coûte cher et peut aussi déstabiliser la structure du sol si elle est mal conduite.

▮▮ Piquetage et trouaison

Le piquetage consiste à placer des piquets de repérage aux emplacements prévus pour la trouaison. Il se fait en suivant un plan d'occupation basé sur la densité et les écartements choisis.

Après le piquetage (matérialisation des emplacements des bananiers), on procède à la trouaison. Il ne faut pas faire le trou longtemps à l'avance en saison des pluies, sinon les parois du trou deviennent lisses, le rejet ne pourra pas développer ses racines correctement, surtout dans les sols argileux.

Pour le plantain, la recommandation est de faire un trou de 40 cm × 40 cm × 40 cm pour les rejets et les plants issus de fragments de tige. Le trou peut avoir des formes variées (rond, carré), mais lorsqu'il est rond, il faut respecter la profondeur de 40 cm et un diamètre de 40 cm pour tous les types de plants. Il est recommandé d'apprêter le matériel de plantation (rejets, plantules) un à trois jours avant la plantation, puis de faire les trous le jour ou la veille de la plantation.



Pour reboucher le trou de plantation, il faut séparer la terre de surface plus riche de celle de profondeur plus argileuse. Lorsqu'on referme le trou au moment de la plantation, on remet la terre de surface en premier avec la matière organique en décomposition disponible en surface, et on rebouche si possible avec de la terre riche prélevée sur les bords ou les intervalles de plantation.

La préparation du matériel végétal et la plantation

Le matériel végétal utilisé pour créer un champ de plantain peut être constitué de rejets (matériel traditionnel très courant), de plants issus de fragments de tige ou de vitroplants. Un certain nombre de précautions doivent être prises pour s'assurer qu'au moment de la mise en terre, le matériel est disponible. Il faut donc éviter les commandes de dernière minute avec le risque de reporter la plantation à une date ultérieure ou de planter à une période inappropriée.

▮▮ Quelles sont les précautions à prendre ?

Tableau 8.1.

Type de matériel à préparer	Précautions à prendre
Rejets (3 à 5 jours avant mise en terre)	Rejets baïonnette
	Tige renflée et entière
	Éviter les blessures profondes et traumatismes divers
	Procéder au parage, pralinage éventuellement
Plants issus de fragments de tige (PIF)	Commander la production 4 à 5 mois avant plantation
Vitroplants	Commander la production 6 à 12 mois avant plantation

▮▮ Comment planter ?

Quelques jours avant la plantation, creuser un trou de $40 \times 40 \times 40$ cm. Remplir partiellement le trou de bonne terre.

Mettre en terre le rejet.

Tasser légèrement autour du plant.

▮▮ Quand planter ?

Généralement au début des pluies.

Tenir compte de la période de production des régimes souhaitée.

Si l'irrigation est possible, on peut aussi planter en période sèche.



9. Gestion de la fertilité du sol et de la nutrition du bananier plantain

La fertilité correspond à l'expression d'une potentialité du sol. Elle résulte d'effets multiples caractéristiques du milieu naturel (climat et sol) et de l'action de l'homme (techniques culturales).

La fertilité d'un sol est «son aptitude, naturelle ou acquise, à fournir des récoltes plus ou moins abondantes et régulières d'une ou de plusieurs espèces végétales déterminées, les conditions extrinsèques au sol étant supposées favorables» (Vallerie, 1963).

Pour le plantain, cela suppose que le sol contienne des éléments fertilisants indispensables en quantités suffisantes sur le complexe argilo-humique, ceci dans des proportions relatives qui permettent une nutrition correcte et des productions importantes. Cette aptitude englobe également une bonne structure du sol, la présence de matière organique, la disponibilité de l'eau, un pH qui leur convienne et des techniques de gestion du sol qui améliorent la porosité et favorisent le développement racinaire.

Les indicateurs de la fertilité d'un sol

Ces indicateurs sont de nature diverse :

1. Les indicateurs chimiques : teneurs en éléments minéraux majeurs (N, P, K, Ca, Mg, S) ou potentiellement toxiques (notamment les oligo-éléments tels qu'Al, B, Mn, Zn, etc.) et teneur en matières organiques (C).
2. Les indicateurs physico-chimiques (pH, capacité d'échange cationique ou CEC, conductivité).
3. Les indicateurs descriptifs des états physiques des sols : texture, densité, porosité, pourcentage des pores occupés par l'eau, structure (résistance à la pénétration, profondeur d'enracinement);
4. Les indicateurs quantifiant la teneur en eau (capacité de rétention au champ, conductivité hydraulique).



Il est possible d'apprécier rapidement le niveau de fertilité d'un sol à travers les trois indicateurs suivants : la capacité d'échange cationique (CEC), le taux de matière organique et le pH du sol. Pour le bananier plantain, il faut une légère acidité (pH entre 5,5 et 6,5).

Importance et rôle des principaux éléments fertilisants nécessaires au plantain

Il s'agit d'éléments minéraux et organiques.

▮ Macroéléments

L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) jouent un rôle dans la multiplication cellulaire, la croissance de la plante et sa résistance aux maladies, la floraison, la qualité des fruits (voir teneur en sucres), etc. Par ordre d'importance des besoins quantitatifs, on trouve : le potassium, l'azote, le phosphore. Les déficiences et carences sont plus manifestes pour le potassium et l'azote.

Le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le soufre (S) jouent un rôle dans la rigidité de la tige, la constitution de la chlorophylle, le murissement des fruits. Ils contribuent aussi à la santé des plantes en les renforçant contre certaines affections (froid, maladies, etc.). Certains sont également des constituants des protéines et de coenzymes. Pour le plantain, les immobilisations sont relativement plus importantes en calcium, puis en magnésium et enfin en soufre. Les déficiences et carences les plus évidentes sont celles du soufre, suivi du magnésium ; elles sont plus discrètes pour le calcium.

Le rapport K/Mg et la valeur relative du potassium sur la somme des bases (K/SB) (mais aussi Ca/SB et Mg/SB) constituent des indicateurs permettant d'apprécier l'état de carence ou de déficience de ces trois éléments dans le sol et la plante.

▮ Oligo-éléments

Les oligo-éléments indispensables sont : le chlore (Cl), le Fer (Fe), le manganèse (Mn), le bore (B), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le sodium (Na), le molybdène (Mo). Ce sont des activateurs de la photosynthèse, ils aident à la synthèse des composés azotés et la fixation de l'azote. Les carences les plus courantes dans les plantations



concernent le zinc et sporadiquement le bore. Les autres éléments sont plus connus pour les manifestations de leur toxicité sur le bananier (notamment le sodium).

La déficience et la carence de certains macro et microéléments se manifestent chez le bananier par des signaux spécifiques observables sur les feuilles (chloroses, gaufrage, formes irrégulières, boutonnières, accentuation de certaines couleurs, lenteurs à la coloration, etc.), les racines (nécroses, etc.), le fruit (malformations, qualité de la pulpe, etc.), le port général de la plante (rabougrissement, etc.).

■ La matière organique

Le plantain apprécie les sols riches en matière organique.

Cette matière organique (dans les bananeraies) peut se retrouver sous deux formes, décomposée ou fraîche (non décomposée). Elle provient essentiellement des feuilles régulièrement coupées et déposées au sol, des faux-troncs coupés après la récolte, mais aussi des mauvaises herbes fauchées ou traitées à l'herbicide.

Nutrition du bananier et gestion de la fertilité

Le sol constitue non seulement un lieu de fixation (ou ancrage) du bananier, mais aussi le lieu où il puise des éléments pour se développer et produire. Le sol est donc un «garde-manger». Les éléments puisés dans le sol et qui sont accumulés dans le régime vont constituer les exportations. D'autres éléments prélevés du sol et qui ont été mobilisés dans la plante vont revenir au sol sous forme de matière organique fraîche : ce sont les feuilles, les faux-troncs, les souches, les racines.

Les éléments que «consomme» le bananier plantain en plus grandes quantités sont le potassium (K), l'azote (N), le calcium (Ca), (voir les besoins en éléments fertilisants, tableau 9.1). Viennent ensuite le magnésium (Mg), le soufre (S), le phosphore (P). Si le «garde-manger» se vide trop vite, la qualité des produits baissera rapidement. Il faut donc apprendre à gérer les réserves minérales, organiques et hydriques du sol.

Les réserves du sol en nutriments fixés sur le complexe absorbant (complexe bio-organo-minéral) sont généralement affectées par la pluie, le feu, les pratiques culturales. Par exemple, le phosphore est perdu par le ruissellement. L'eau peut aussi emporter les bases (calcium, magnésium) et l'azote par lessivage. Les sols deviennent



alors trop acides ($\text{pH} < 5$). Le taux de saturation en bases devient très faible et le sol ainsi appauvri a perdu sa fertilité. Cela est plus courant sur les sols ferralitiques.

Incidence des pratiques culturales et du parasitisme sur la fertilisation et sa reconstitution

Deux notions importantes peuvent être considérées : les bonnes pratiques culturales de fertilité et l'utilisation des engrais.

▮ Bonnes pratiques culturales de fertilité

Trois pratiques culturales peuvent être recommandées : jachère, rotation des cultures, défriche sans brûlis. On peut mentionner aussi la pratique du brûlis à charbon, délicate à maîtriser.

La jachère

Traditionnellement, c'est un champ qu'on laisse au repos pendant plusieurs années. Ce « repos » permet à la végétation naturelle (herbes, arbustes, arbres) de pousser de façon spontanée. Cette végétation produit une biomasse (feuilles, branches, racines, etc.) s'accroissant avec le temps. Les dépôts réguliers de matières organiques et la minéralisation progressive de celles-ci permettent de restituer au sol différents éléments nutritionnels importants. En outre, par le développement en profondeur du système racinaire de certaines plantes, des éléments minéraux puisés par les racines sont utilisés par les feuilles qui tombent ensuite au sol. Un sol épuisé peut voir se reconstituer naturellement sa fertilité chimique et améliorer sa structure. Au moins 50 % de producteurs de plantain disposant de beaucoup d'espaces cultivables pratiquent ce type de jachère dont la durée est de 8 à 15 ans.

Il existe aussi des « jachères » qui sont en fait des champs abandonnés, non en raison d'une baisse de fertilité, mais des faibles performances causées par le parasitisme, alors que le potentiel fertilisant du sol est encore bon. Ce phénomène concerne, par exemple, environ 30 % de planteurs en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Dans les zones à forte densité de population rurale, les terrains cultivables deviennent de plus en plus rares, les producteurs (environ 20 % en Afrique de l'Ouest et du Centre) reviennent sur les terrains



abandonnés deux ou trois ans après. La trop courte durée de la jachère ne permet pas une reconstitution de la fertilité du sol mais assure une élimination ou une forte réduction du parasitisme (essentiellement nématodes et charançons).

En résumé, la pratique de la jachère présente différentes modalités :

- la jachère naturelle généralement d'une durée d'au moins 15-17 ans dans les conditions naturelles. Dans certaines conditions (suppression régulière des plantes hôtes de parasites, pose de pièges à charançons, etc.), la durée de jachère est réduite à 5 à 10 ans en fonction de l'état de dégradation des sols et du parasitisme ;
- la jachère améliorée avec introduction des plantes non hôtes de nématodes, mais aussi de plantes pouvant améliorer le statut minéral du sol et l'apport en matière organique (légumineuses, *pueraria*, etc.).

La rotation des cultures

Les rotations culturales peuvent constituer des moyens naturels de restaurer en partie la fertilité d'un sol et contribuer à l'assainissement parasitaire, par exemple avec des cultures de légumineuses. En revanche, les espèces provoquant de forts prélèvements de potasse (manioc, etc.) et de calcium (patates douces, etc.) doivent être écartées de ces rotations.

Le défrichage de la parcelle sans brûlis

Parmi les producteurs de plantain en zone forestière, certains replantent des bananiers plantains sur des parcelles après une jachère longue. On constate cependant qu'une grande majorité de planteurs pratique le brûlis après défrichage et abattage des arbres avant de planter.

En évitant le brûlis on gère durablement la fertilité.

Le problème de la faible densité observée à la plantation dans ce cas est généralement résolu à partir de la troisième année, suite à la décomposition d'une bonne partie de la biomasse recouvrant le sol après abattage.

■ Utilisation des engrais et limites liées au parasitisme

L'alternance des jachères et des rotations culturales dans les systèmes de cultures avec des bananiers plantains permet donc de restaurer un certain niveau de fertilité. Toutefois, il est nécessaire de pratiquer une fertilisation (organique ou minérale) complémentaire pour atteindre les objectifs de production.



Encadré 9.1 – Conséquences de la pratique du brûlis

La pratique du brûlis est réalisée pour réduire la quantité de travail avant la plantation, ceci d'autant plus que ce travail est très pénible avec l'outillage mobilisable dans les zones de production en forêt. Le brûlis augmente brutalement la quantité d'éléments minéraux directement utilisables par le bananier, donc améliore rapidement la fertilité chimique du sol. On peut considérer, dans ce cas, que le « garde-manger » se remplit très rapidement, alors qu'en absence de brûlis, les éléments nutritifs sont libérés progressivement. En effet, le brûlis ayant éliminé une grande partie de la matière organique en surface du sol et du couvert forestier, la réserve (les cendres) est exposée aux intempéries, notamment les grandes pluies. À travers les analyses de sols, le constat fait deux ans après ces brûlis dans les zones à forte pluviométrie est toujours alarmant : « le garde-manger » est presque vide.

L'effet du brûlis sur la fertilité minérale du sol est de courte durée (< 1 an). Le brûlis expose la croûte du sol à un ruissellement plus important, avec pour corollaire l'érosion massive d'éléments fins (argiles) et des pertes de cations emportés par les eaux de ruissellement ou dissous par lixiviation ; des éléments de l'écosystème sont également perdus par volatilisation (fumée). Au final, différentes propriétés physiques du sol sont dégradées et on observe une baisse rapide de la fertilité chimique, ce qui conduit à l'abandon de la parcelle à court terme.

Le brûlis pratiqué pour une raison d'économie de travail a pour conséquence de diminuer la durabilité des parcelles en plantation.

La réponse à la fertilisation (organique ou minérale) apportée en complément est fonction du type de sol, de la durée de la jachère et de sa qualité (absence de ravageurs ou niveau très faible du parasitisme). Après une jachère longue par exemple, on n'observe aucune incidence significative d'un apport d'engrais azoté sur un premier cycle de production, de même pour une première culture de plantain sur défriche de forêt. Après une jachère courte, la réponse à un épandage d'azote est nette, ce dernier doit être couplé au contrôle parasitaire, car si les racines sont parasitées par les nématodes, elles perdent leur capacité d'absorption.

Recommandations

Toute fertilisation doit être faite après un contrôle de l'état sanitaire du système racinaire. En effet, en cas de fortes attaques parasitaires (nématodes, charançons), le système racinaire devient inopérant et la vascularisation du bananier devient défectueuse (charançons) : il est alors inutile de fertiliser, les apports d'éléments fertilisants ne seront pas captés par la plante.



Le choix d'une fertilisation dépend du type de sol, de son pH et du niveau des différents éléments fertilisants encore présents sur le complexe argilo-humique. L'analyse du sol au début de la mise en culture est indispensable pour une fertilisation adaptée.

Les combinaisons possibles des engrais à utiliser devront tenir compte des engrais disponibles sur le marché local et pouvant permettre de répondre aux besoins de la plante.

Besoins en éléments fertilisants

Les besoins en éléments fertilisants pour une parcelle varient en fonction des variétés et de la densité. Les apports tiennent compte du niveau des réserves disponibles dans le sol, afin de maintenir des approvisionnements raisonnés au cours de la croissance et du développement des bananiers. Pour une production de 30 tonnes de plantain à l'hectare, Lahav (1995) propose les apports suivants pour couvrir les besoins de la plante (tableau 9.1).

Tableau 9.1 Exemple de besoins en éléments fertilisants (kg/ha) chez le bananier plantain (rendement théorique de 30 t/ha), essai en Israël. (Source : Gowen, 1995)

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	B	Cu	Al
Total	265	27	1 188	158	64	28	7,0	3,5	0,8	-	0,14	-
% Exp	29	41	20	6	17	32	3	11	12	-	29	-

% Exp : taux exporté dans le fruit par rapport à la matière totale.

Prise en compte du type de sol

Les sols sur lesquels le bananier plantain est cultivé en Afrique, en Amérique latine et aux Antilles et Caraïbes sont variés. Leurs caractéristiques dépendent de la roche mère dont ils sont issus, des conditions pédoclimatiques qui ont entouré leur évolution au cours du temps ainsi que de l'activité humaine. Certains sont plus ou moins profonds, riches (fertiles) et d'autres plutôt pauvres (peu ou pas fertiles), caractéristiques qui évoluent avec le temps et qui peuvent être aggravées ou améliorées avec les pratiques culturales.

Caractéristiques générales d'un « bon sol » pour le bananier plantain :

- bonne texture et structure, c'est-à-dire un bon équilibre entre l'argile, le limon, le sable, la matière organique et la structure qui doit être grumeleuse et de bonne porosité ;
- acide, avec un pH compris entre 5,0 et 6,5 ;



- taux de matière organique (MO) entre 5 et 10 % ;
- CEC \geq 30 cmolc /kg.

Le maintien d'un bon équilibre entre les cations et les niveaux de K et N assimilables (rapports* K/N : 3-5 % ; K/SB : 10-19 % ; Ca/SB : 53-70 % ; Mg/SB : 16-38 %) constituent des aspects très importants d'une fertilisation en vue d'une bonne production.

*Ces données sont issues de l'enquête diagnostic de la zone bananière (1984) et de travaux récents (2012-2017) obtenus sur des sols où sont cultivés des plantains et des bananes (pH 5-6, MO 4-7 %, CEC 26-37 cmol/kg).

Apports en fertilisants recommandés

Les sacs d'engrais disponibles sur le marché portent des indications sur leur nature (urée, chlorure de potasse, DAP, etc.) et leur composition (par exemple, NPK 20-10-10 ; NPK-S-Mg 12-6-26-7,5-6, etc.). Prenant en compte l'analyse du sol, ces données permettent de calculer et d'adapter les quantités à apporter à la parcelle, déterminer la fréquence d'apport en fonction des besoins de rééquilibrage du contenu du sol et du niveau de production visé. La fréquence des apports est déterminée avec le souci d'optimiser la nutrition des plantes par rapport au calendrier cultural et au climat. Des engrais simples, complexes et organiques sont utilisés (ou leur combinaison) dans le programme de fertilisation.

Engrais simples

Les quantités dépendent de l'engrais commercial utilisé (tableau 9.2).

Tableau 9.2. Combinaison de trois engrais simples, doses et périodes d'application. (Fiche technique Plantain, Carbab, Kwa *et al.*, 2017)

Type d'engrais	Quantité et nombre d'apports	Période d'application
Urée	35 g/plant 6 à 8 fois par cycle	Entre le début des pluies jusqu'à 1 mois avant la fin des pluies. Démarrer 1 mois après plantation (sauf cas spécifique des PIF-voir mise en terre)
Sulfate d'ammoniaque	50 g/plant 1 à 3 fois par an	À partir du 2 ^e ou du 3 ^e mois après plantation jusqu'à 1,5 à 2 mois avant la fin des pluies
Chlorure de potasse	75 g/plant 4 à 6 fois par an	À partir du 2 ^e mois après plantation, puis tous les 2 mois jusqu'à 1 mois avant la fin des pluies. Si on pressent l'arrivée d'une forte sécheresse, prévoir 100 g/pied au dernier apport de l'année



Engrais complexes

Les quantités recommandées sont fonction de la formule de l'engrais complexe (tableau 9.3) : NPK (20-10-10) ou NPKS-Mg (12-6-26-7,5-6)

Tableau 9.3. Utilisation de deux engrais complexes : doses et périodes d'application. (Fiche technique Plantain, Carbab, Kwa *et al.*, 2017)

Type d'engrais	Quantité et nombre d'apports	Période d'application
NPK 20-10-10	75 g/plant 5 à 6 fois par an	Entre le début des pluies jusqu'à 1 mois avant la fin des pluies. Démarrer 1 mois après plantation (sauf cas spécifique des PIF-voir mise en terre). Puis faire un apport tous les 2 mois
NPK+S+Mg (12-6-26-7,5-6)	75 g/plant 6 à 7 fois par an	À partir d'1 mois après plantation jusqu'à 1 mois avant la fin des pluies. Appliquer tous les 1,5 mois après le 1 ^{er} épandage

Engrais organiques

Les quantités à épandre tiennent compte de la composition de l'engrais organique et des besoins de la plante (tableau 9.4).

Tableau 9.4. Fertilisation à base de matière organique, doses et périodes d'application sur sol ferralitique. (Fiche technique Plantain, Carbab, Kwa *et al.*, 2017)

Type d'engrais	Quantité et mode d'apport	Période d'application
Matière organique (parche, cabosses séchées de cacao, fiente de poule, etc.)	3,5 à 5 kg/pied sur sols ferralitiques, 2 à 3 fois par an	Lors du <i>planting</i> , dans le trou de plantation mélangé à la terre de surface, puis tous les 3 ou 4 mois après le premier épandage, en surface, dans un rayon de 15 à 40 cm autour du pied en fonction de l'âge du plant

L'engrais doit toujours être épandu de manière homogène autour du pied de bananier, dans un rayon progressif de 15 cm pour jeunes plants de moins de trois semaines jusqu'à 40-50 cm pour plants adultes, dans la zone de forte concentration des racines.

Les pratiques à éviter

Habillage des rejets avant la plantation. Lors de la préparation des rejets en vue d'une plantation, il faut éviter de les nettoyer sur le lieu où



ils vont être plantés. Ceci prévient le risque de transporter les parasites d'une parcelle à l'autre (voir chapitres 7 et 8).

Buttage. Dans certaines régions, de la terre ou des matières organiques sont placées autour du rejet en formant de petites buttes. Cette technique (le buttage) serait utilisée surtout pour éviter la chute des bananiers en terrain compact ou très humide (racines ne pénétrant pas en profondeur) et pour reconstituer la fertilité dans les sols fatigués. Les racines développées dans la butte de terre sont facilement mises à nu suite aux fortes pluies qui « déchaussent » les bananiers. Ces derniers ainsi fragilisés parce qu'ils n'ont plus d'ancrage, chutent facilement à la suite de vents violents. Pour les maintenir debout, le buttage doit être refait régulièrement.



10. Usages et calculs des coûts de production pour innover

L'analyse des conditions micro-économiques (au niveau de l'exploitation agricole) d'adoption de nouvelles techniques implique la prise en compte de quatre échelles d'observation : la parcelle, l'exploitation, le système de production et la filière. Cette analyse repose principalement sur le calcul des coûts de production.

Usages des coûts de production pour innover

Un agriculteur, un chercheur ou un conseiller peuvent avoir besoin de calculer les coûts de production et la marge brute/ha pour :

- évaluer et déterminer si l'adoption d'un itinéraire technique ou d'un nouvel intrant modifie la rentabilité financière de l'exploitation agricole :
 - avant et après l'adoption, dans une même exploitation ;
 - entre une exploitation qui adopte et une exploitation qui n'adopte pas, donc avec ou sans le changement technique ;
- comparer les coûts entre différents itinéraires techniques ou systèmes de culture :
 - à l'intérieur d'une même exploitation ;
 - entre des exploitations ayant des structures différentes ;
- identifier dans l'itinéraire technique l'élément de coût le plus important qui peut bloquer l'adoption d'un nouvel itinéraire technique ;
- identifier le volume de production minimale d'une exploitation par rapport à la rentabilité d'une technologie qui exige un investissement donné : on l'appelle le « point mort » ;
- calculer le prix en dessous duquel le producteur ne peut plus vendre sans faire des pertes financières : on l'appelle le prix de réservation producteur ;
- définir en fonction du financement dont on dispose la superficie à planter ;
- calculer le niveau de subvention nécessaire à l'agriculteur pour expérimenter une technologie (pour limiter le risque pris en innovant en cas d'expérimentation).



- analyser (pilotage) les déterminants d'évolution des coûts dans le temps.
- faire une analyse prospective de résilience par rapport à l'instabilité des prix des produits et des intrants pour comprendre un éventuel effet «ciseau des prix» (baisse du prix du produit vendu et hausse des intrants).

Ces différents usages dépendent de la technologie à évaluer et de la phase dans laquelle on se situe dans le processus d'innovation : émergence, expérimentation d'un prototype, expérimentation par des utilisateurs, dissémination.

Protocole de calcul des coûts de production

Le calcul des coûts de production repose sur le paramétrage financier d'un itinéraire technique (tableau 10.1). Il implique de définir avec précision cet itinéraire puis d'organiser la collecte de l'information nécessaire. Deux fiches de collecte de l'information sont proposées (tableaux 10.1 et 10.2).

▮ Les dépenses sur les consommations intermédiaires

Tableau 10.1. Suivi financier d'un itinéraire technique : rejets, matériel, engrais, insecticides, nématicides, tuteurs.

Date de l'achat	Nature de l'achat	Lieu de l'achat	Prix unitaire	Unité de l'achat	Dépenses
xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
					Total dépenses en semences (rejets, vivo- ou vitroplants...)
					Total dépenses en engrais
					Total dépenses en insecticides
					Total dépenses en petit matériel utilisé dans l'année
					Total dépenses autres

▮ Le suivi des coûts liés au travail

La fiche d'enregistrement des informations sur le travail est ainsi organisée en cinq colonnes (tableau 10.2).



Dans les colonnes, (B) et (C) on enregistre les dépenses monétaires réalisées en main-d'œuvre sur une parcelle en différenciant les dépenses par types de travaux : défriche, désherbage, récolte.

En additionnant les dépenses en consommations intermédiaires et les dépenses monétaires, on obtient dans la 'nomenclature' comptable le total charges opérationnelles (CO). Il peut servir alors à calculer les coûts de production.

Il est ensuite possible de calculer la valeur de la production c'est-à-dire la quantité produite de plantain sur la parcelle ou à l'hectare et de multiplier cette quantité par le prix de vente au niveau du producteur. On obtient alors le produit brut (PB).

On calcule alors un indicateur qui s'appelle la marge brute (MB) comme la différence entre le produit brut et les coûts variables : $MB = PB - CV$.

Si on divise la marge brute obtenue par la quantité de travail familial mobilisé sur la parcelle ou la quantité de capital investi, on obtient deux indicateurs illustrant respectivement la productivité financière du travail et celle du capital. Ces indicateurs permettent de comparer entre différentes parcelles (de superficie comparable) ou exploitations la performance économique d'une innovation.

La marge brute est un indicateur fréquent de comparaison de l'efficacité des itinéraires techniques bien qu'il soit incomplet pour conclure à leur rentabilité réelle.

Encadré 10.1 - Différencier «bénéfice» et «produit» comptable

Entre 10 et 20 % des petits producteurs de plantain enregistrent sur des cahiers les dépenses et les recettes monétaires relatives à une parcelle donnée. Ils calculent par différence ce qu'ils appellent avec erreur le «bénéfice». En langage comptable, il s'agit en fait de la marge.

Les coûts fixes et amortissements

Enfin, pour connaître le véritable coût de production il faut calculer les coûts fixes. C'est-à-dire les coûts liés à l'exploitation agricole et qui ne disparaissent pas au cours d'un exercice comptable annuel de production. La difficulté est alors de pouvoir affecter ces coûts fixes à proportion d'une activité en termes de système de culture ou de surface



(par hectare). Ces coûts fixes concernent les frais des emprunts annuels ou bien les coûts imputables à un équipement qui sert à l'ensemble de l'exploitation sur plusieurs années : tracteur, motoculteur, hangar de conditionnement, ainsi que les frais généraux tels que frais de gestion, électricité, impôts, taxes, autres frais financiers. Enfin pour une évaluation complète il faut pouvoir calculer les amortissements liés aux investissements réalisés dans l'exploitation (Penot *et al.*, 2007).

Tableau 10.3. Compte d'exploitation modèle : modèle standard d'un compte d'investissement.

	Nombre hectares plantés	Nombre de cycles	
	Quant. Expl.	Jour/ha	€/ha
Investissement dans la plantation			
Total de la main-d'œuvre			
	Travaux destruction de la forêt		
	Travaux du sol et fertilisation (temps)		
	Aménagements route, lisière		
	Coutelas/balisage		
	Transport plants		
	Plantation		
	Autre : réseaux irrigation		
Total des intrants			
	Vivoplants		
	Engrais divers		
	Autres intrants		
Total investissements/ha			
Amortissement annuel/ha			

L'amortissement annuel dépend de la durée de vie choisie. Avec du matériel de plantation sain nous proposons une durée de vie de 5 ans.



Lorsqu'on déduit de la marge brute les coûts fixes (CF) et les amortissements, on obtient la marge nette qui peut se calculer au niveau de l'exploitation ou bien au niveau de l'hectare de plantain.

Le calcul intégré des coûts de production dans le cas d'une exploitation de plantain exportatrice

Afin de pouvoir intégrer et visualiser l'ensemble des informations nécessaires au calcul d'un coût de revient dans le cas d'une exploitation de plantain qui exporte sur le marché international, nous proposons au tableau 10.4 un modèle de représentation synthétique qui organise les informations nécessaires selon les différentes rubriques de l'analyse comptable conventionnelle. Ce tableau pouvant être documenté par des feuilles de calcul Excel. Il peut être utilisé comme référence méthodologique à des enquêtes auprès d'exploitation.

Tableau 10.4. Modèle de compte d'exploitation pour calculer un coût de production / kg.

	Exploitation	Quantité/ha	€/ha	€/tonne	€/kilo
Consommations intermédiaires (total consommations)					
Fertilisation (engrais + oligo-éléments)					
Produits phytosanitaires : nématocides, insecticides, fongicides					
Herbicides					
Ficelles pour haubannage					
Gaines					
Irrigation (eau)					
Matières hangar (inclus palettisation)					
Main-d'œuvre	Exploitation	Jour/ha	€/ha	€/tonne	€/kilo
Utilisation des engrais					
Emploi des produits phytosanitaires					
Façons culturales					
Soins aux régimes					
Épandage contre la cercosporiose					
Irrigation					



Coupe des régimes et transport au hangar				
Emballage (conditionnement)				
Total de la main-d'œuvre				
Frais fixes	Exploitation	€/ha	€/tonne	€/kilo
Amortissement investissement champs				
Amortissement immobilisation				
Frais généraux				
Frais financiers				
Total frais généraux et amortissement				
Coût de sortie du hangar				
En cas d'exportation				
Coûts réels / Coûts nets/tonne	Exploitation	€/ha	€/tonne	€/kilo
Coût sortie hangar conditionnement				
Palettisation et empotage palette				
Mise en conteneur : empotage sans palettisation				
Transport hangar/centre empotage au port				
Frais de groupement centre empotage				
Taxes portuaires				
Autres taxes				
Coût embarquement				
Coût stade FAB (Franco à bord)				
Coût de transport				
Assurance maritime				
Coût stade CAF (Coût Assurance Fret)				
Coût débarquement				
Palettisation port de débarquement				
Entreposage et transit				
Commission (importateur sur ventes)				
Coût (quai wagon départ)				



Les éléments de calcul de coût permettent d'évaluer un nouvel itinéraire technique au niveau d'une parcelle ou d'une exploitation. Ainsi pour les économistes de l'innovation « une technologie n'est pas choisie parce qu'elle est rentable mais c'est parce que l'on choisit une technologie qu'elle devient rentable ». La rentabilité économique d'une technologie dépend en effet de plusieurs variables structurelles. Nous en qualifions quatre principales qui sont les suivantes :

- les économies d'échelles qui établissent une relation entre le volume de la production et les coûts unitaires de production ;
- les rendements croissants d'adoption qui établissent une relation entre le taux d'adoption d'une technologie et son efficacité ;
- l'insertion d'une exploitation dans une filière ou un territoire (contrat, organisations de producteurs) qui a des conséquences sur le prix des intrants, du travail ou l'accès aux moyens mécanisés pour cultiver ou commercialiser la production ;
- enfin la prise en compte de coûts non enregistrés par les normes comptables actuelles que l'on peut qualifier donc de « coûts cachés ». Il s'agit par exemple de coûts environnementaux et sociaux liés à des dégradations environnementales et sanitaires (pollution des eaux, de sols), ou l'épuisement des réserves de fertilité en relation avec des systèmes techniques trop intensifs qui résultent fréquemment de l'usage croissant de molécules chimiques comme les pesticides.



Glossaire

Adoption, appropriation (*Adoption, Ownership*) : valorisation par un individu ou un collectif d'une connaissance ou d'une technique à travers des échanges avec d'autres acteurs. Cette notion implique la mise en œuvre de processus d'apprentissage et une participation active de l'utilisateur à la conception de l'innovation ou à son adaptation.

Aspect juvénile (*Juvenile aspect*) : l'aspect juvénile du matériel végétal obtenu à travers la technique PIF se réfère à l'expression juvénile d'un plant issu d'une graine de bananier et qui se manifeste généralement par la production de feuilles larges (pas de feuilles lancéolées sans limbe comme pour les rejets) et par des macules spécifiques sur les jeunes feuilles émises. Cet aspect juvénile est également très prononcé avec les vitroplants et les plants issus de fragments de tige (PIF).

«**Assos**» («*Assos*») : diminutif du mot «associé», expression courante utilisée par les commerçants à l'endroit de leurs clients fidèles qu'ils considèrent comme des complices. En retour, les clients utilisent la même expression pour appeler leur fournisseur. Le terme «asso» peut aussi s'élargir entre les clients d'un même fournisseur. Une relation de confiance s'établit entre les «assos» qui peuvent ainsi se rendre des services mutuels.

Bourgeon mâle (*Male bud*) : partie terminale de l'inflorescence du bananier ne contenant plus que des fleurs mâles (non apparentes) encore enfermées dans les bractées florales. On l'appelle aussi «popote».

Capital social (*Social capital*) : ensemble des ressources actuelles ou potentielles d'un individu ou d'un collectif, qui sont liées à la possession d'un réseau durable de relations plus ou moins institutionnalisées d'inter-connaissance et d'inter-reconnaissance lui permettant de développer ses actions et d'atteindre ses objectifs.

Coefficient d'infestation (*Coefficient of infestation*) : estimation des attaques de *Cosmopolites sordidus* basée sur l'observation des galeries creusées par la larve dans la souche. Après examen de celle-ci une note est attribuée. C'est le «coefficient d'infestation». Il s'agit d'une valeur comprise entre 0 et 100 : 0 correspond à une souche saine ne présentant aucune galerie ; 100 correspond à la présence de galeries sur tout le pourtour de la souche. Des notes intermédiaires (5-10-20-30-40-60-80) sont attribuées selon un barème.

Cultures associées (*Mixed or Combined crops*) : forme d'agriculture qui consiste à mettre plusieurs cultures sur une même parcelle, généralement de faible superficie. Elle est très répandue en milieu paysan et s'oppose à la monoculture. Elle s'apparente aussi à la polyculture. Elle permet de mieux valoriser l'espace, surtout lorsque les terres sont rares.

Cycle du bananier (*Cycle of the banana*) : il est défini comme le temps compté à partir de la mise en terre d'un plant à la récolte de son régime. Cela est aussi communément appelé le 1^{er} cycle. Dans le cas où le producteur veut exploiter en continu un rejet du pied-mère encore attaché à sa



souche, le second cycle, autrement dit celui du rejet sélectionné, se termine à la récolte du rejet sélectionné sur le pied-mère. Mais la durée de ce cycle sera comptée depuis la mise en terre du pied-mère, puisque ce rejet est une émanation du pied-mère pendant son développement.

Explant de rejet (*Sucker explant*) : partie d'un rejet obtenu après parage, décorticage et réduction du faux-tronc. Ce terme se rapporte aussi aux fragments isolés de la souche et au centre desquels se trouve un bourgeon. En culture *in vitro*, les apex recueillis pour introduction en culture en milieu confiné constituent aussi des explants de rejets.

Externalités (*Externalities*) : situation dans laquelle l'action d'une personne ou d'une chose a une influence directe, positive ou négative, sur une autre personne sans que cette dernière n'ait un lien avec l'action d'origine.

Floraison du bananier (*The banana flowering*) : de manière conventionnelle, elle se détermine au terme du déroulement de toutes les mains femelles qui formeront le régime. La date de sortie ou d'ouverture de la dernière main femelle d'un régime est considérée comme la date de floraison du bananier observé. Les bananiers d'une même parcelle ont généralement des dates de floraisons variées.

Gestion de lutte intégrée (*Integrated Pest Management - IPM*) : méthodes de gestion intégrée relatives à la lutte contre les bioagresseurs.

Indexation virale (*Viral indexing*) : processus d'analyse utilisant des techniques spécifiques qui permettent de repérer dans des tissus foliaires (ou autres) du bananier des particules

d'un virus déterminé, de l'identifier formellement et d'en quantifier la charge pour évaluer son niveau de nuisance éventuel. L'indexation permet de connaître le statut viral du bananier avant sa multiplication et sa diffusion lorsqu'il est indemne de virus.

Jachère (*Fallow*) : champ laissé en friche, soit en raison de baisse de rendement suite à l'épuisement du sol, soit en raison d'une improductivité liée à un fort parasitisme ambiant non maîtrisé. Il existe des jachères naturelles et des jachères améliorées.

Monoculture (*Monoculture*) : culture d'un seul produit sur une parcelle, généralement sur de grandes étendues. Modèle plutôt importé de l'occident, elle s'accompagne très souvent d'une forte consommation d'intrants, d'impacts négatifs sur l'environnement et les humains. Les rendements en monoculture sont généralement plus élevés. Pour les plantains, on observe sur le terrain la monoculture monovariétale et la monoculture polyvariétale.

Parage (*Trimming*) : opération de suppression de la partie extérieure de la souche dans le but de procéder à un assainissement du bananier vis-à-vis de certains parasites telluriques (nématodes, charançons, etc.).

Plantation (*Planting*) : terme ayant plusieurs sens selon le contexte. Il peut se rapporter à l'action ou la manière de planter (sens premier), à ce qui est planté, à un champ ou à une exploitation. Généralement, lorsqu'on dit « la plantation s'est faite le... » c'est tout simplement vouloir dire que le « *planting* » (anglicisme) a eu lieu. Pour éviter ces confusions éventuelles, nous avons plutôt utilisé l'expression « la mise en terre » qui nous paraît plus explicite pour parler de l'action de planter.



Plante de service (*Service plant*) : plante associée à une plante principale en vue de fournir des services écosystémiques. Ces services peuvent concerner l'amélioration de l'environnement de croissance de la plante principale : apports complémentaires de minéraux, production de substances répulsives ou létales sur une gamme de ravageurs, attirance de prédateurs des nuisibles de la plante principale, amélioration de la structure du sol par le développement de racines aératrices, symbioses avec des champignons et des mycorhizes dont les productions profitent à la plante principale, etc.

Polyculture (*Polyculture*) : culture simultanée de différents produits dans une même exploitation ou un même domaine. Les cultures concernées peuvent être en monoculture sur des parcelles différentes ou en association dans certaines parcelles du champ.

Popote (*Popote*) : ensemble des fleurs mâles formant le bourgeon mâle de l'inflorescence du bananier.

Système de culture traditionnel (*Traditional cultural system*) : mode de culture et de disposition des cultures transmis en milieu paysan de génération en génération, avec des gestes techniques séculaires et très peu d'améliorations, sans usage de produits chimiques de synthèse, avec une bonne productivité du travail, exploitant généralement la fertilité primaire et l'abandon des parcelles lors de la baisse de rendements, etc. Il s'oppose aux systèmes de culture modernes, intensifs, produisant de forts rendements.

Système multi-espèces ou pluri-spécifique (*Multi-species system or multi-species*) : c'est un système de culture valorisant plusieurs cultures d'espèces différentes dans le même espace. Il s'apparente aux associations de cultures et s'oppose à la monoculture monospécifique ou monovariétale. Le vocable « multi-espèces » rend mieux les observations de terrain que l'expression « cultures associées » qui demeure la terminologie la plus usitée lorsqu'on décrit les systèmes de culture.



Bibliographie

- Adheka Giria J. 2014. *Contribution to the characterization and classification of the Congo basin African plantains (Musa AAB) in the Democratic Republic of Congo*. PhD thesis, Department of Biotechnological Sciences, Faculty of Sciences, University of Kisangani, DRC, 119 p.
- Adiko A., 1987. *Les nématodes phyto-parasites associés au bananier plantain en Côte d'Ivoire*. Agrumes Coloniaux; Série technique N° 4, Paris.
- Alvarez-Acosta T., Leon C., 2009. Beneficial role of green plantain [*Musa paradisiaca*] in the management of persistent diarrhea: a prospective randomized trial. *J. Am. Coll. Nutr.*, 28(2), 169-76.
- Angbo Kouakou E., Temple L., Kouakou N.D.V., Kouba M., 2016. Technological changes for the competitiveness of the pig value chain in Côte d'Ivoire. In: *Structural change in agri-food chains: new relations between farm sector, food industry and retail sector*, 27-28 octobre 2016, Rennes, France.
- Bonte E., Verdonck R., Gregoire L., 1995. La multiplication rapide du bananier et du plantain au Cameroun. *Tropicultura*, 13(3) : 109-116.
- Boyer J., Temple L., Scutt R., 2014. Etude de cas : la technique Minisett en Haïti, une innovation co-construite entre chercheurs et producteurs dans le respect des conditions locales et des enjeux agro-écologiques. *Field Actions Science Reports*, Special Issue 9. <http://factsreports.revues.org/2779>
- Camara A., Dugue P., Kalms J.M., Soulard C.T., 2010. Systèmes de culture, habitudes alimentaires et durabilité des agrosystèmes forestiers en Afrique (Guinée, Cameroun) : une approche géoagronomique. In : Coudel E., Devautour H., Soulard C.T., Hubert B. (eds). *International symposium ISDA 2010*, 28 juin-01 juillet 2010, Montpellier, France.
- Centre africain de Recherches sur Bananiers et Plantains (Carbap), rapports d'activités scientifiques, 2001 à 2015.
- Centre régional bananiers et plantains (CRBP), rapports d'activités scientifiques, 1993 à 2000.
- Chabrier C., Tixier P., Duyck P.F., Carles C., Quénéhervé P., 2010. Factors influencing the survivorship of the burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb.) Thorne in two types of soil from banana plantations in Martinique. *Appl. Soil. Ecol.*, 44(2), 116-123, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.10.005>
- Chauvin C., 2015. Influence de l'utilisation de plantes de services sur les communautés de nématodes et les fonctions du sol dans un agro-écosystème bananier en phase d'interculture. Thèse de doctorat, Ecosystèmes et sciences agronomiques, Université de Montpellier, Montpellier, France, 287 p.
- Damour G., Dorel M., Tran Quoc H., Meynard C., Risède J.M., 2014. A trait-based characterization of cover plants to assess their potential to provide a set of ecological services in banana cropping systems. *Eur. J. Agron.*, 52, 218-228.



- De Lapeyre de Bellaire L., 2015. Comprendre les effets des pratiques culturales sur le fonctionnement des agrosystèmes : une étape vers la protection intégrée des cultures. Le cas des maladies fongiques des bananiers. HDR, Sibaghe, Université Montpellier 2, Montpellier, France, 109 p.
- Dury S., Bricas N., Tchango Tchango J., Temple L., Bikoï A., 2002. The determinants of urban plantain consumption in Cameroon. *Food Qual. Prefer.*, 13(2), 81-88.
- Enjalric F., Nguema J., Hugot N., Chan Ho Tong S., 1999. *Hévée brasiliensis* et cultures associées : un système de culture pour le développement au Gabon. *Plant Rech. Dev.*, 6(1), 5-11.
- FAO, AGRISTAT, 2010, 2016.
- Fardeau J.C., 2015. Des indicateurs de la fertilité des sols. *Étude et Gestion des Sols*, 22, 77-100.
- Faure G., Chiffolleau Y., Goulet F., Temple L., Touzard J.M., 2018. *Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires*. Editions Quae, Versailles, 260 p.
- Fogain R., 2001. Nematodes and weevil of bananas and plantains in Cameroon: occurrence and host susceptibility. *Int. J. Pest Manage.* 47(3), 201-205.
- Fogain R., Mouliom Pefoura A., Abadie C., Escalant J.V., Tomekpe K., 1998. Banana and Plantain IPM in Cameroon: Progress and Problems. In: Frison E.A., Gold C.S., Karamura E.B., Sikora R.A. (eds), *Mobilizing IPM for sust. banana production in Africa. Cameroon workshop on banana IPM*. Montpellier, France.
- Fouré E., 1982. Étude de la sensibilité des bananiers et plantains à *Mycosphaerella fijiensis* Morelet au Gabon. I - incubation et évolution de la maladie. *Fruits*, 37, 749-771.
- Gbèblonoudo D. A., Carval D., Depigny S., Fansi G., Tixier P., 2015. Ant abundance and Cosmopolites sordidus damage in plantain fields as affected by intercropping. *Biol. Contr.*, 81, 51-57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.11.008>
- Gibert O., DuFour D., Giraldo A., Sánchez T., Reynes M., Pain J.-P., González A., Fernández A., Díaz A., 2010. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 1. Morphological and Compositional characterization of cultivated Colombian Musaceae (*Musa* sp.) in relation to consumer preferences. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 9290. <http://dx.doi.org/10.1021/jf102810g>
- Gold C.S., Messiaen S., 2000. *The banana borer weevil C. sordidus*. International Network for the Improvement of Banana and Plantain (Inibap), *Musa Pest fact sheet* N°4.
- Gowen S., 1995. Bananas and Plantains. Springer. 978-94-011-0737-2.
- Hauser S., 2007. Plantain (*Musa* spp. AAB) bunch yield and root health response to combinations of physical, thermal and chemical sucker sanitation measures. *Afr. Plant Protect.*, 13(1), 1-15.
- Haxaire F., 1998. *Formulation d'aliments infantiles à base de plantain et autres produits locaux*. Université de Montpellier II, Montpellier, France, 35 p.



Jacobsen K., Fogain R., Mouassom H., De Waele D., 2004. Musa-based cropping systems of the Cameroon highlands: a case study of the West and North West provinces of Cameroon, with emphasis on nematodes. *Fruits*, 59(5), 311-318.

Kwa M., 2003. Activation de bourgeons latents et utilisation de fragments de tige de bananier pour la propagation en masse de plants en conditions horticoles *in vivo*. *Fruits*, 58(6), 315-327.

Kwa M., Bikoi A., Nonga F.N., Manga G., Ngoh Newilah G., Onguené A.N., Fonbah C., Ndemba B., Yene Mbarga G., Sama Lang P., Ndigui B., Tchakoa J., Essomba J.M., Epée Missé P., 2007. Performances des systèmes de production à base de bananiers plantains dans les exploitations familiales agricoles au Cameroun. Revue documentaire N° 6/2008, PRP Plantain, Reparac.

Kwa M., Nzila J.D.D., Fonbah C., Lokossou B., Zoupoya K., Vangu P.G., Mintah P., Hanna R., 2014. Promotion de technologies de gestion intégrée de la culture du plantain pour améliorer la productivité des exploitations. Rapport technique, bilan, Projet Coraf Plantain, 76 p.

Lassoudière A., 2007. *Le bananier et sa culture*. Quae, Versailles, France.

Meuriot V., Temple L., Madi A., 2011. Faible transmission des prix internationaux aux marchés domestiques : le poids des habitudes alimentaires au Cameroun. *Econ. Appl.*, 3, 59-84.

Mouliom Pefoura A., Mourichon X., 1990. Développement de *Mycosphaerella musicola* (maladie de Sigatoka) et *M. fijiensis* (maladie

des raies noires) sur les bananiers et plantains. Étude du cas particulier des productions d'altitude. *Fruits*, 45, 17-24.

Mouliom-Pefoura A., Sama-Lang P., Tome N., Tchipé F., 2004. Effectiveness of banana inflorescence binding to control the cigar-end disease of banana in Cameroon. *Fruits*, 59, 249-255.

Mouliom-Pefoura A., Fogain R., Cohan J.P., Messiaen S., and Tomekpe K., 2002. Pests and diseases of bananas and plantains in Western and Central Africa: Impact and integrated control strategies. In: *Proceedings of the International Workshop on IPM in Sub-Saharan Africa*, 8-12 September 2002, Kampala, Ouganda.

N'Da Adopo A., Lassoudière A., Tchango Tchango J., 1996. Importance du stade de récolte pour la commercialisation de la banane plantain au Cameroun. *Fruits*, 51(6), 397-406.

Ngoh Newilah G.B., 2005. Utilisation alimentaire, caractérisation physico-chimique et biochimique des fruits de quelques cultivars et hybrides de bananiers et plantains produits au Cameroun. Thèse de doctorat, département de Biochimie, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun, 131 p.

Ngoh Newilah G.N., Tchango J.T., Fokou E., Etoa F.X., 2005. Processing and food uses of bananas and plantains in Cameroon. *Fruits*, 60(4), 245-253.

Nkapnang D. I., 2011. Identification et optimisation des conditions d'appropriations des innovations sur bananiers et plantains par les producteurs au Cameroun. Thèse de doctorat,



Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique, 155 p.

Okolle J.N., 2006. Banana/Plantain: How to manage pests and diseases. A technical slip. *The Farmers Voice*, 135, 3-10. www.thefarmersvoice.org

Oyono P.R., Temple L., 2003. Métamorphose des organisations rurales au Cameroun : implications pour la recherche-développement et la gestion des ressources naturelles. *Revue internationale de l'économie sociale*, 288, 68-79.

Penot E. et Deheuvelds O., 2007. Modélisation économique des exploitations agricoles. Modélisation, simulation et aide à la décision avec le logiciel Olympe. L'Harmattan, Paris, 184 p.

Perrin A., 2015. Étude diagnostique de la filière banane plantain en Côte d'Ivoire. Rapport Final, Rongead, 66 p.

Ploetz R.C., Kepler A.K., Daniells J., Nelson S.C., 2007. Banana and plantain - an overview with emphasis on Pacific island cultivars. In: CR Elevitch, ed. *Species 64 The Biology of Musa L. (banana)*. Office of the Gene Technology Regulator Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agricultural Resources, Holualoa, Hawai'i.

Rosales F.E., Alvarez J.M., Vargas A., 2010. Guide pratique pour la production de bananes plantain sous haute densité de plantation. Retours d'expériences d'Amérique latine et des Caraïbes, Rosales FE (éd.). Bioversity International, Montpellier, France. 33 p.

Swennen R., 1990. Limits of Morphotaxonomy: names and synonyms of plantains in Africa and

elsewhere. In: Jarret R., Lusty C. (eds). *Proceedings of Identification of Genetic Diversity in the genus Musa*, 05-10 September 1988, Los Banos, Philippines.

Tchango Tchango J., Ngalani J.A., 1999. Transformation et utilisation de la banane plantain en Afrique centrale et occidentale. In: Picq C., Fouré E., Frison E. (eds). *Banana and food security. Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire*, International symposium, Douala, Cameroun.

Tchuisseu R., Ngo Nonga F., Bikoï A. S., Ongla J., 2008. Analyse des systèmes d'approvisionnement et de distribution de la banane plantain dans la ville de Yaoundé, Cameroun. Actes de l'atelier à mi-parcours Reparac, Mbalmayo, Cameroun.

Temegne Nono C., Wakem G.A., Taffouo V.D., Mbogne Taboula J., Onguene Awana N., Youmbi E., Ntsomboh-Ntsefong G., 2017. Effect of phosphorus fertilization on arbuscular mycorrhizal fungi in the Bambara groundnut rhizosphere. *Afr. J. Microbiol. Res.*, 11(37), 1399-1410.

Temple L., Kwa M., Tetang J., Bikoï A., 2011. Organizational determinant of technological innovation in food agriculture and impacts on sustainable development. *Agron. Syst. Dev.*, 31(4), 745-755.

Temple L., Touzard J.M., Kwa M., Boyer J., Requier-Desjardins D., 2015. Comparaison des trajectoires d'innovation pour la sécurisation alimentaire des pays du Sud. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 19(1), 53-61. <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=11824>



Temple L., Compaore Sawadogo E.M.F., 2018. *Innovation Processes in Agro-Ecological Transitions in the Developing Countries*. Collection ISTE, Série Innovation in Engineering and Technology, Wiley, London, Royaume Uni, 198 p.

Tenkouano A., Hauser S., Coyne D.L., Coulibaly O., 2006. Clean planting materials and management practices for sustained production of banana and plantain in Africa. *Chronica Hortice*, 46, 14–18.

Tezenas du Montcel H., 1985. *Le bananier plantain*. Collection le technicien d'agriculture tropicale, Maisonneuve et Larose, Paris, France, 142 p.

Tézenas du Montcel H., De Langhe E., Swennen R., 1983. Essai de classification des bananiers plantains (AAB). *Fruits*, 38(6), 461-474.

Tixier P., Vinatier F., Cabrera Cabrera J., Padilla Cubas A., Okolle J., Chabrier C., Guillon M., 2010. Lutte intégrée contre le charançon noir dans les systèmes de culture bananière. *From science to field*, Guide n°3, 8 p.

Tomekpé K., Kwa M., Dzomeku B.M., Ganry J., 2011. CARBAP and innovation on the plantain banana in Western and Central Africa. *Int. J. Agric. Sust.*, 9(1), 264-273.

Valmayor R.V., Jamaluddin S.H., Silayoi B., Kusumo S., Danh L.D., Pascua O.C., Espino R.R.C., 2000. Banana Cultivar Names and Synonyms in Southeast Asia. International Network for the Improvement of Banana and Plantain - Asia and the Pacific Office, Laguna, Philippines. <http://bananas.biodiversityinternational.org/files/files/pdf/publications/synonyms.pdf>

Visser A.V., 2000. Characterization of banana and plantain using random amplified polymorphic DNA markers. *Acta Hortic.*, 540, 113-123.

Ysenbrandt H., Fogain R., Messiaen S., Sama Lang P., 2000. Infestation levels of weevil species on *Musa* cultivars Grande Naine (AAA) and French Sombre (AAB) and subsequent plant mortality in South Western Cameroon. *Afr. Plant Protect.*, 6(1), 21-24.

Photo de couverture :

Marché local au Cameroun : une revendeuse (*Buyam-Sellam*) regroupe les plantains et les autres bananes.

© Gérard Ngho Newilah, RTB-FOODS Project

Édition : Presses agronomiques de Gembloux et Éditions Quæ

Mise en pages : Hélène Bonnet – Studio 9

Impression : Sepec

Dépôt légal : avril 2019



Les bananes à cuire et plantain sont des productions cruciales des pays des zones tropicales humides. Très énergétiques (110 à 120 cal/100 g), riches en éléments minéraux et en vitamines, ces aliments répondent aux enjeux de sécurité alimentaire et nutritionnels. Les régions forestières d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie en produisent 30 millions de tonnes par an (près de 70 % en Afrique) et la consommation moyenne est de 50 à 200 kg/hab./an. Conduite le plus souvent dans des modes de production d'agriculture familiale, la majeure partie de la production est autoconsommée ou vendue localement, sous forme de mets très variés, mais peu de produits transformés sont disponibles sur les marchés. Des entrepreneurs investissent dans la production de plantain pour l'export vers les États-Unis et l'Europe et pour des filières orientées vers la fabrication de farines. La multiplicité des usages et la capacité d'adaptation du plantain à des zones agroclimatiques diverses sont des atouts de cette filière.

Cet ouvrage se réfère plus particulièrement aux recherches et aux productions d'Afrique subsaharienne. Clair, concis et bien illustré, il présente un état des connaissances et des innovations disponibles sur la culture du bananier plantain, ainsi que les atouts et les contraintes de cette filière. Diffuser les avancées techniques et scientifiques, et intéresser les entrepreneurs et les industriels, d'une part, les agriculteurs et les professionnels, d'autre part, constituent les enjeux du développement de la filière du plantain.

Cet ouvrage est destiné à tous les agents de la filière engagés dans des activités de production et commercialisation de plantain, et s'adresse aussi aux enseignants et aux étudiants.

Moïse Kwa, agronome, est maître de recherche et responsable de l'unité de recherche sur les systèmes de production durable au Centre africain de recherches sur les bananiers et plantains au Cameroun.

Ludovic Temple, économiste au Cirad (unité mixte de recherche Innovation), est spécialiste des processus d'innovation, particulièrement dans les filières agro-alimentaires et vivrières.



les
presses
agronomiques
de Gembloux

éditions
Quæ

Éditions Cirad, Ifremer, Inra, Irstea
www.quae.com

18 €

ISBN : 978-2-7592-2679-5



Réf. : 02696

ISSN : 1778-6568